



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος  
Εργαστήριο Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Μελέτη της επίδρασης εκχυλισμάτων γύρης στη δομή πηγμάτων τύπου  
γιαουρτιού**



Επιμέλεια: **Σκαρπέλος Λουκάς**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Γιαννούλη Περσεφόνη, Επίκουρος Καθηγήτρια

Βόλος, 2019

Θέμα: «Μελέτη της επίδρασης εκχυλισμάτων γύρης στη δομή πηγμάτων τύπου γιαουρτιού»

Subject: “Study of the effect of pollen extracts on the structure of yogurt type gels”

**Τριμελής επιτροπή:**

Βέλλιος Ευάγγελος: Επίκουρος Καθηγητής, Διευθυντής του εργαστηρίου «Φυτοπαθολογίας και Σύγχρονων Μεθόδων Διαγνωστικής» του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Γιαννούλη Περσεφόνη (Επιβλέπουσα Καθηγήτρια): Επίκουρος Καθηγήτρια, Διευθύντρια του εργαστηρίου «Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων» του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Παπαϊωάννου Χρυσούλα: Καθηγήτρια του Γενικού Τμήματος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

### **Υπεύθυνη δήλωση**

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του Τ.Γ.Φ.Π.Α.Π.

Ο δηλών,  
Λουκάς Σκαρπέλος

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους που είτε με τις γνώσεις και την καθοδήγησή τους, είτε με τη σημαντικότερη πνευματική τους υποστήριξη κατέστησαν δυνατή την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Έτσι, χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κυρία Περσεφόνη Γιαννούλη που είναι Επίκουρος Καθηγήτρια και Διευθύντρια του εργαστηρίου «Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων» του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς όντας η επιβλέπουσα καθηγήτρια για τη συγκεκριμένη πτυχιακή, με βοήθησε να πετύχω ένα άρτιο και επιστημονικά ολοκληρωμένο αποτέλεσμα με τις γνώσεις και τις συμβουλές της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ευλαλία Κουφοστάθη που είναι Γεωπόνος Ζωικής Παραγωγής και μέλος Ε.ΔΙ.Π. του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, διότι με βοηθούσε πάντα με προθυμία να εξοικειωθώ με τη χρήση των συσκευών και των οργάνων του εργαστηρίου και μου έλυνε κάθε απορία κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

Πολλές ευχαριστίες, επιπλέον, στον κύριο Ευάγγελο Βέλλιο που είναι Επίκουρος Καθηγητής και Διευθυντής του εργαστηρίου «Φυτοπαθολογίας και Σύγχρονων Μεθόδων Διαγνωστικής» του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και στην κυρία Χρυσούλα Παπαϊωάννου που είναι Καθηγήτρια του Γ.Τ.Π.Θ. που δέχθηκαν να αποτελέσουν την Τριμελή Επιτροπή μαζί με την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας εργασίας.

Τέλος, να ευχαριστήσω την οικογένεια μου στην πόλη της Θεσσαλονίκης, καθώς και όλους τους φίλους μου, άνθρωποι που πάντα στέκονταν αρωγοί στις πιο απαιτητικές περιόδους της ζωής μου. Αυτή η διατριβή δεν αποτέλεσε εξαίρεση και η ανεξάντλητη στήριξη των δικών μου ανθρώπων μου έδωσε δύναμη να φέρω αυτή μου την προσπάθεια εις πέρας.

## Περιεχόμενα

	<i>σελίδα</i>
<b>Περίληψη</b>	<b>VII</b>
<b>Abstract</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1 Γαλακτοκομικά προϊόντα ζύμωσης (ζυμωμένα γάλατα)	1
1.1.1 Διάφοροι τύποι γαλακτοκομικών προϊόντων ζύμωσης	2
1.1.2 Γιαούρτι (ή γιαούρτη)	3
1.1.3 Είδη γιαουρτιού	3
1.1.4 Πρώτες ύλες	5
1.1.5 Βασικά στάδια παρασκευής	6
1.2 Ενίσχυση γιαουρτιού με θρεπτικά στοιχεία (fortification)	8
1.2.1 Οφέλη του γιαουρτιού στην υγεία του ανθρώπου	9
1.2.2 Παραδείγματα ενίσχυσης του γιαουρτιού με θρεπτικά συστατικά	10
1.3 Πρωτεΐνες – Καζεΐνες στο γάλα αγελάδας	12
1.3.1 Πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος (αγελαδινό)	13
1.3.2 Καζεΐνες	14
1.3.3 Μετουσίωση και συσσωμάτωση πρωτεϊνών-καζεϊνών κατά την επεξεργασία του γάλακτος για παρασκευή γιαουρτιού	15
1.4 Η γύρη	16
1.4.1 Συστατικά της γύρης και οφέλη της στην υγεία	17
1.4.2 Παραδείγματα χρήσης της γύρης στον κλάδο της τεχνολογίας τροφίμων	18
1.4.2.1 Χρήση εκχυλίσματος γύρης ως φυσικό αντιοξειδωτικό για την παρεμπόδιση της οξείδωσης των λιπιδίων σε λουκάνικα χοίρου	18
1.4.2.2 Χρήση σκόνης γύρης σαν συμπλήρωμα διατροφής και αντιοξειδωτικό σε μπισκότα	19
<b>2. Σκοπός</b>	<b>21</b>
<b>3. Υλικά και μέθοδοι</b>	<b>22</b>
3.1. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή πηγματος τύπου γιαουρτιού (control)	
χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w)	<b>22</b>

3.1.1 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w)	22
3.2 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού με εκχύλισμα γύρης	23
3.2.1 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή εκχυλίσματος γύρης	23
3.2.2 Ομογενοποίηση μίγματος νερού-γύρης με τη χρήση υπερήχων	23
3.2.3 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού με εκχύλισμα γύρης	24
3.3 Μετρήσεις δομής, χρώματος, συναίρεσης και ικανότητας συγκράτησης ύδατος στο πήγμα τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w) και στα πήγματα με εκχύλισμα γύρης (0,5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w).	25
<b>4. Αποτελέσματα και συζήτηση</b>	<b>27</b>
4.1 Χρωματογραφία	27
4.2 Συναίρεση	29
4.3 Δομή	30
<b>5. Συμπεράσματα</b>	<b>32</b>
<b>6. Βιβλιογραφία</b>	<b>33</b>

## Περίληψη

Σε αυτήν την πτυχιακή διατριβή μελετήθηκαν τυχόν επιδράσεις των υδατοδιαλυτών συστατικών της γύρης στα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά πηγμάτων γάλακτος τύπου γιαουρτιού. Πιο συγκεκριμένα ερευνήθηκαν οι μεταβολές στη δομή, το χρώμα και τη συναίρεση, όταν προστέθηκε εκχύλισμα γύρης σε διαφορετικές συγκεντρώσεις κατά την παρασκευή των δειγμάτων. Παρασκευάστηκαν πέντε (5) διαφορετικά δείγματα που μετρήθηκαν για τις άνωθεν παραμέτρους. Το πρώτο πήγμα ήταν το control, το οποίο παρασκευάστηκε χωρίς εκχύλισμα γύρης και τέσσερα (4) άλλα πήγματα παρασκευάστηκαν με 0,5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w περιεκτικότητες σε γύρη στο προστιθέμενο σε αυτά εκχύλισμα. Τα ενισχυμένα με εκχύλισμα γύρης πήγματα παρουσίασαν αύξηση του βαθμού συναίρεσης και μικρότερης έκτασης αλλαγές στις παραμέτρους του χρώματος. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν μεταβολές στη δομή των δειγμάτων, οι οποίες διαφοροποιούνται διακριτά αναλόγως την περιεκτικότητα της γύρης στα εκχυλίσματα. Συμπερασματικά, η γύρη επηρεάζει την πήξη του γάλακτος κατά τη διαδικασία παρασκευής πηγμάτων τύπου γιαουρτιού και δύναται να μεταβάλλει βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Εν κατακλείδι, η γύρη με την τεράστια σημασία της, τόσο στην υγεία του ανθρώπου, όσο και στις άλλες χρήσεις της, όπως σαν συντηρητικό τροφίμων, θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε γαλακτοκομικά προϊόντα.

**Λέξεις-κλειδιά:** γύρη, συναίρεση, χρώμα, δομή, υγεία, πήγματα γάλακτος, αντιοξειδωτικά

## **Abstract**

The possible affections of the water-soluble bee-pollen components on main quality properties of milk coagulated gels were studied in this Bachelor Thesis. Specifically, the texture, the color and the syneresis changes were investigated, when bee-pollen extract was added at different concentrations during the preparation of the samples. Five (5) different samples were prepared and measured for the above parameters. The first sample was the control which was prepared without any bee-pollen extract and the other four (4) samples were made with 0,5% w/w, 1% w/w, 2% w/w and 3% w/w concentrations of bee-pollen extracts. Fortified milk coagulated gels showed increase of syneresis and small changes on color parameters. Changes on samples' textures were observed, which were specifically differentiate on the bee-pollen concentrations of the extracts. Finally, bee-pollen influences the coagulation of milk gels and it could change main quality factors of the final products. Bee-pollen is proven of great importance, both for human health and as food preservative. In conclusion, bee-pollen is a food ingredient that could fortify dairy products.

**Key-words:** bee-pollen, syneresis, color, texture, health, milk coagulated gels, antioxidants



## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Γαλακτοκομικά προϊόντα ζύμωσης (ζυμωμένα γάλατα)

Ο όρος ζυμωμένα γάλατα (fermented milks) αναφέρεται στο ευρύ φάσμα των γαλακτοκομικών προϊόντων που προκύπτουν έπειτα από γαλακτική ζύμωση και ταυτόχρονη όξινη πήξη του γάλακτος, υπό τη δράση κατάλληλων μικροοργανισμών (κυρίως οξυγαλακτικά βακτήρια) (Μάντης, 2000).

Σύμφωνα, μάλιστα, με τον Codex Alimentarius, ο οποίος εκδίδεται από τον F.A.O. (Food and Agriculture Organization of the U.N.) σε συνδυασμό με τον W.H.O. (World Health Organization), ως ζυμωμένο γάλα ορίζεται «ένα γαλακτοκομικό προϊόν που προκύπτει από ζύμωση του γάλακτος, το οποίο γάλα δύναται να έχει παραχθεί από άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα με ή χωρίς τροποποίηση της σύνθεσής τους, όπως περιορίζεται από την παράγραφο 3.3, εξαιτίας της δράσης κατάλληλων μικροοργανισμών που οδηγούν σε μείωση του pH με ή χωρίς πήξη (ισοηλεκτρική καθίζηση). Οι αρχικοί μικροοργανισμοί θα πρέπει να είναι ζωντανοί, ενεργοί και δραστήριοι στο προϊόν μέχρι την αναγραφόμενη ημερομηνία λήξης του. Εάν το προϊόν θερμανθεί μετά τη ζύμωση, τότε η παραπάνω προϋπόθεση δεν υφίσταται.» (Codex Alimentarius, 2018).

Τα προϊόντα ζύμωσης του γάλακτος παράγονται σε ευρεία κλίμακα σε αρκετά μέρη του κόσμου. Μάλιστα, αυτό δεν αποτελεί συνήθεια των τελευταίων ετών. Πιο συγκεκριμένα, η παρασκευή και χρήση από τον άνθρωπο γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση χρονολογείται πάνω από 10000 χρόνια πριν, από την εποχή δηλαδή που ο άνθρωπος έγινε από τροφοσυλλέκτης παραγωγός και επεξεργαστής τροφίμων. Το πιο σημαντικό όφελος που οδήγησε τις διάφορες κοινωνίες στην υιοθέτηση αυτής της πρακτικής είναι σαφώς η παράταση της διάρκειας ζωής του γάλακτος που προσφέρει αυτή η τεχνική στο παραγόμενο προϊόν (Pederson, 1979). Η εξημέρωση κάποιων θηλαστικών όπως τα βοοειδή, τα αιγοπρόβατα και η καμήλα έγινε ταυτόχρονα με την παραπάνω αλλαγή, δηλαδή την έναρξη της νέας εποχής της επεξεργασίας της τροφής από τον άνθρωπο σε σχέση με την, ως τότε, απλή συλλογή της από αυτόν. Η μετάβαση αυτή έγινε, ωστόσο, εντελώς ετεροχρονισμένα στα διαφορετικά μέρη του κόσμου. Η αρχαιολογική σκαπάνη αποδεικνύει πως κάποιοι πολιτισμοί όπως οι

Σουμέριοι, οι Βαβυλώνιοι και οι Ινδοί ήταν τόσο προηγμένοι ώστε να παρασκευάζουν προϊόντα ζύμωσης του γάλακτος. Από την τεράστια τοπική παράδοση στην παραγωγή τέτοιων προϊόντων, φαίνεται ότι ίσως η καταγωγή της μεθόδου αυτής τοποθετείται στη περιοχή των Βαλκανίων ή στη Μέση Ανατολή (Α.Υ. Tamime, 2002).

### **1.1.1 Διάφοροι τύποι γαλακτοκομικών προϊόντων ζύμωσης**

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι γαλακτοκομικών προϊόντων ζύμωσης. Μπορεί να διαφέρει η προέλευση του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη (αγελαδινό, αιγοπρόβειο κτλ), η αρχική καλλιέργεια οξυγαλακτικών βακτηρίων που χρησιμοποιήθηκε, ενώ, ακόμη, μπορεί να διαφέρει και το είδος της ζύμωσης που έλαβε χώρα.

Ανάλογα με τη φύση της αρχικής καλλιέργειας που έχει χρησιμοποιηθεί σε κάθε προϊόν τα διάφορα οξυγάλατα διακρίνονται σε:

- 1) Οξυγάλατα που περιέχουν μεσόφιλη οξυγαλακτική καλλιέργεια (π.χ. καλλιεργημένο βουτυρόγαλα, filmjölk, tätmjölk)
- 2) Οξυγάλατα που περιέχουν θερμόφιλη οξυγαλακτική καλλιέργεια (π.χ. γιαούρτι, zabadi, dahi)
- 3) Οξυγάλατα που περιέχουν μια προβιοτική καλλιέργεια πιθανώς "θεραπευτική" (π.χ. acidophilus milk, yakult) (Robinson and Tamime, 1990; Α.Υ. Tamime, 2002).

Τα ανωτέρω προϊόντα προκύπτουν από γαλακτική ζύμωση (lactic fermentation). Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα προϊόντα που προκύπτουν από τον συνδυασμό της γαλακτικής ζύμωσης μαζί με κάποια άλλη διεργασία. Έτσι, μπορούν να διακριθούν οι εξής κατηγορίες:

- 1) Οξυγάλατα που προκύπτουν από συνδυασμό γαλακτικής και αλκοολικής ζύμωσης (yeast- lactic fermentation) (π.χ. κεφίρ, koumiss)
- 2) Οξυγάλατα που προκύπτουν από συνδυασμό της δράσης οξυγαλακτικών βακτηρίων μαζί με μύκητες (mold- lactic or mould- lactic fermentation) (π.χ. villi) (Robinson and Tamime, 1990; Α.Υ. Tamime, 2002).

### 1.1.2 Γιαούρτι (ή γιαούρτη)

Σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ελλάδος «Γιαούρτι χαρακτηρίζεται το γαλακτοκομικό προϊόν το οποίο παράγεται από τη ζύμωση και πήξη του γάλακτος, με τη χρήση υποχρεωτικά των καλλιεργειών - εκκινητών *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, ώστε το τελικό ζυμωμένο προϊόν να περιέχει τουλάχιστον  $10^7$  cfu/g προϊόντος μέχρι την ημερομηνία ανάλωσής του» (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2016).

### 1.1.3 Είδη γιαουρτιού

*Παραδοσιακό γιαούρτι:* Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία «Παραδοσιακό» "είναι το γιαούρτι που πληροί τις παρακάτω προδιαγραφές: α) Παρασκευάζεται με την παραδοσιακή μέθοδο ώστε να φέρει υμένα (πέτσα) στην επιφάνειά του. β) Προκύπτει από την πήξη αποκλειστικά νωπού ή παστεριωμένου γάλακτος που δεν έχει υποστεί τροποποίηση της φυσικής του σύνθεσης με μόνη εξαίρεση τη ρύθμιση της λιποπεριεκτικότητας, έως του σημείου που είναι τεχνικά επιτεύξιμη η δημιουργία υμένα" (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2016). Πρόκειται για την παραδοσιακή μέθοδο παρασκευής η οποία λίγο έχει αλλάξει εδώ και αιώνες.

*Συνεκτικό γιαούρτι:* Σε αυτόν τον τύπο γιαουρτιού, αμέσως μετά την προσθήκη της καλλιέργειας στο επεξεργασμένο γάλα γίνεται η διανομή του μίγματος σε κατάλληλα κύπελλα τα οποία στη συνέχεια επωάζονται και προκύπτει το λεγόμενο φυσικό γιαούρτι ή επεξεργάζονται περαιτέρω (προσθήκη φρούτων σε μικρά τεμάχια ή αρωματικών υλών) πριν επωαστούν ώστε να προκύψει κάποιο επιδόρπιο γιαουρτιού. Σε αυτήν την κατηγορία γιαουρτιού το γάλα έχει υποστεί ομογενοποίηση με αποτέλεσμα τον μη σχηματισμό του χαρακτηριστικού υμενίου ("πέτσα") του παραδοσιακού γιαουρτιού. Με την ομογενοποίηση μειώνεται ο βαθμός συναίρεσης του προϊόντος (Μάντης, 2000).

*Αναμιγμένο γιαούρτι:* Σε αυτόν τον τύπο γιαουρτιού το γιαούρτι αρχικά δημιουργείται και επωάζεται σε μεγάλες δεξαμενές και εν συνεχεία διαμοιράζεται σε κύπελλα. Το γάλα ομογενοποιείται και σε αυτόν τον τύπο γιαουρτιού οπότε και δεν

σχηματίζεται το υμένιο. Με την ομογενοποίηση μειώνεται ο βαθμός συναίρεσης του προϊόντος (Μάντης, 2000).

*Στραγγιστό γιαούρτι:* Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία «Στραγγιστό» «χαρακτηρίζεται το προϊόν που λαμβάνεται από το γιαούρτι μετά από αποστράγγιση μέρους του ορού μετά την πήξη και έχει κατ' ελάχιστο 5,6% πρωτεΐνες για το αγελαδινό ή γίδινο γάλα και 8% για το πρόβειο γάλα. Σε περίπτωση μιγμάτων διαφόρων ειδών γάλακτος η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες υπολογίζεται με βάση την αναλογία των ειδών γάλακτος» (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, 2016).

*Επιδόρπιο γιαουρτιού:* Σε αυτόν τον τύπο γιαουρτιού δύνανται να προστεθούν τεμάχια ή χυμοί φρούτων, αρωματικές ή γλυκαντικές ύλες, διάφορες χρωστικές, καθώς και άλλες ουσίες (π.χ. μέλι, ξηροί καρποί) (Yildiz et al., 2009).

*Γιαούρτι με προβιοτικά:* Σε αυτόν τον τύπο γιαουρτιού προστίθενται στο προϊόν διάφορα προβιοτικά, δηλαδή ευεργετικά συμβιωτικά βακτήρια, τα οποία θεωρείται πως δρουν βοηθητικά στη σωστή λειτουργία του ανθρώπινου εντέρου. Γίνεται εκτενής αναφορά στο κεφάλαιο 1.2.2.

*Καταψυγμένο γιαούρτι (frozen yogurt):* Πρόκειται στην ουσία για είδος παγωτού που εμπεριέχει γιαούρτι. Πιο συγκεκριμένα παρασκευάζεται μετά από ανάμιξη γιαουρτιού (10-20% περιεκτικότητα στο frozen yogurt) με ένα μίγμα παγωτού (παρασκευάζεται από άπαχο γάλα). Έτσι, δημιουργείται αυτό το προϊόν το οποίο χαίρει μεγάλης αποδοχής στις προτιμήσεις του κοινού προφανέστατα λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε λιπαρά (Μάντης, 2000).

*Αποξηραμένο (ή αφυδατωμένο) γιαούρτι:* Αυτός ο τύπος γιαουρτιού συναντάται κυρίως στις χώρες της Μέσης Ανατολής. Πρόκειται για γιαούρτι το οποίο αφού στραγγιστεί, αλατιστεί και πλαστεί σε μικρά μπαλάκια αφήνεται στον ήλιο ώστε να αφυδατωθεί. Με αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του γιαουρτιού στα κλίματα αυτών των χωρών. Μπορεί να καταναλωθεί μετά τον εμποτισμό του με νερό (Yildiz et al., 2009).

*Αριάνι (ρευστό γιαούρτι):* Πρόκειται για ένα ρευστό γαλακτοκομικό προϊόν που παρασκευάζεται από την ανάμιξη γιαουρτιού με νερό σε αναλογία 1:1. Παράγεται, κυρίως, στην Τουρκία (Yilmaz, et. al., 2015).

*Πόσιμο γλυκό γιαούρτι:* Παρασκευάζεται με την προσθήκη γάλακτος και αρωματικών υλών, χυμών φρούτων ή σιροπιών στο γιαούρτι. Το pH είναι αυξημένο σε σχέση με το γιαούρτι λόγω της προσθήκης επιπλέον γάλακτος με αποτέλεσμα τη συντομότερη διάρκεια ζωής στο ράφι (Yildiz et al., 2009).

*Τυρί:* Παρασκευάζεται μετά από αποστράγγιση του γιαουρτιού από την υδατική φάση του ορού (Yildiz et al., 2009).

*Γιαούρτι πρωτεϊνικά ενισχυμένο:* Τα πρωτεϊνικά ενισχυμένα γιαούρτια προσελκύουν εδώ και χρόνια το καταναλωτικό ενδιαφέρον για πολλούς λόγους. Μερικά από τα αίτια μπορεί να είναι η βελτιωμένη γεύση, υφή και ενεργειακή αξία αυτών των προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά δεν αποτελούν μόδα των τελευταίων ετών, αλλά αντιθέτως παρασκευάζονται παραδοσιακά σε αρκετές περιοχές του πλανήτη εδώ και δεκαετίες. Το ελληνικό «Στραγγιστό», το “Labneh” στη Μέση Ανατολή, το τούρκικο “Torba”, το δανέζικο “Ymer” και το ινδικό “Chakka” είναι μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα γιαουρτιών με αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (Tamime et al., 2014). Η αύξηση της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών δύναται να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι με δράση πριν την ζύμωση με την προσθήκη γάλακτος υπό μορφή σκόνης, όπως, επίσης, με την εξάτμιση ή την διήθηση του προϊόντος, ενώ ο άλλος τρόπος είναι με την αποστράγγιση, τον μηχανικό διαχωρισμό ή την διήθηση του προϊόντος αμέσως μετά την ζύμωση του γάλακτος (Jørgensen et al., 2019).

#### **1.1.4 Πρώτες ύλες**

Στις βασικές πρώτες ύλες για την παρασκευή γιαουρτιού περιλαμβάνεται το γάλα και η οξυγαλακτική καλλιέργεια. Η προέλευση του γάλακτος μπορεί να ποικίλει (π.χ. αγελαδινό, αιγοπρόβειο ή βουβαλίσιο γάλα), όπως, επίσης, και η περιεκτικότητά του σε λιπαρά (άπαχο ή πλήρες). Σχετικά με την οξυγαλακτική καλλιέργεια με την οποία εμβολιάζεται το γάλα συνήθως αποτελεί ένα μίγμα των βακτηρίων *Streptococcus*

*salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Η συνδυαστική χρήση των ανωτέρω βακτηρίων αυξάνει τους ρυθμούς παραγωγής γαλακτικού οξέως, καθώς τα εκκρίματα γαλακτικού οξέως και διοξειδίου του άνθρακα των βακτηρίων *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* επιταχύνουν την ανάπτυξη των βακτηρίων *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* τα οποία με τη σειρά τους εκκρίνουν διάφορα πεπτίδια και αμινοξέα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα πρώτα υποβοηθώντας έτσι την ανάπτυξη τους. Οι παραπάνω δύο βακτηριακοί τύποι είναι υπεύθυνοι για την πήξη και την όξυνση του γάλακτος σε επίπεδα pH μεταξύ 4 και 4,5 και την δημιουργία του τελικού προϊόντος, του γιαουρτιού. Συμπληρωματικά δύνανται να χρησιμοποιηθούν και διάφορα γλυκαντικά (γλυκόζη, ασπαρτάμη κ.α.), αρώματα (φυσικά ή τεχνητά), σταθεροποιητές (π.χ. ζελατίνη, αλγινικά οξέα κ.α.), χρωστικές όπως και άλλα υλικά (π.χ. τεμάχια φρούτων στα επιδόρπια γιαουρτιού) (Yildiz et al., 2009).

### **1.1.5 Βασικά στάδια παρασκευής**

*Τυποποίηση γάλακτος:* Αρχικά, το γάλα που θα χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παρασκευή γιαουρτιού τυποποιείται. Πιο συγκεκριμένα γίνεται ρύθμιση του ποσοστού των στερεών του συστατικών, ώστε το τελικό προϊόν, όχι μόνο να εμπίπτει στις διατάξεις της νομοθεσίας, αλλά και να ικανοποιεί τα αυστηρά πρότυπα του παρασκευαστή. Οι κυριότερες τροποποιήσεις γίνονται στα λιπαρά και στις πρωτεΐνες. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν με σκοπό, κυρίως, την αύξηση του ιξώδους του γάλακτος. Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει το ιξώδες είναι οι καζεΐνες, εν συνεχεία τα λιπίδια και τέλος οι πρωτεΐνες του ορού. Προκειμένου να επιτευχθούν τα παραπάνω, προστίθεται άπαχη σκόνη γάλακτος στο γάλα, με αποτέλεσμα την αύξηση των στερεών συστατικών του κατά 15-17%. Το ιξώδες του γάλακτος δύναται να αυξηθεί, είτε με υπερδιήθηση, είτε με αντίστροφη όσμωση. Μπορούν, τέλος να χρησιμοποιηθούν και ορισμένοι σταθεροποιητές, όπως η ζελατίνη, το άμυλο, το αραβικό κόμμι, η καρραγενάνη και η πηκτίνη που ενισχύουν τη συνεκτικότητα και τη δομή του προϊόντος. Σε αυτό το στάδιο, όταν παρασκευάζεται επιδόρπιο γιαουρτιού, μπορούν να προστεθούν και διάφορα γλυκαντικά (Shah, 2003).

*Ομογενοποίηση:* Τα λιπίδια, όντας ελαφρύτερα άλλων συστατικών του γάλακτος, τείνουν να διαχωρίζονται από τον ορό, εξαιτίας της βαρύτητας. Τα λιπίδια βρίσκονται

στο γάλα σε μορφή σφαιριδίων διαμέτρου 1-15 mm. Έτσι, απαραίτητη κρίνεται η διαδικασία της ομογενοποίησης του γάλακτος. Κατα την μέθοδο αυτή το γάλα, συνήθως θερμαίνεται στους 65°C (η ομογενοποίηση γίνεται αποτελεσματικότερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες) για να υγροποιηθούν τα λιπίδια και ωθείται υπό πίεση  $1,8 \cdot 10^4$  kPa να διαπεράσει ένα μικρών διαστάσεων στόμιο ώστε να διασπασθούν τα σφαιρίδια του λίπους και να μειωθεί το μέγεθος τους με την ταυτόχρονη αύξηση της διασποράς τους στο γάλα. Με τη μέθοδο αυτήν η διάμετρος των σφαιριδίων μειώνεται στα 1-2 mm. Ωστόσο, επειδή η διαδικασία αυτή καταστρέφει την εξωτερική μεμβράνη των σφαιριδίων και συνεπώς τα λιπίδια είναι ευάλωτα στη λιπόλυση, εξαιτίας της δράσης της λιπάσης που βρίσκεται φυσιολογικά στο γάλα, το γάλα δόκιμο κρίνεται να παστεριώνεται σε αδρανή λιπάση πριν την ομογενοποίησή του ή διαφορετικά ακριβώς μετά την διαδικασία (Shah, 2003).

**Θέρμανση γάλακτος:** Το γάλα θερμαίνεται στους 85°C για 30 λεπτά με σκοπό να καταστραφούν όλα τα παθογόνα βακτήρια και τα βακτήρια που προκαλούν αλλοιώσεις, να αδρανοποιηθούν διάφορα ένζυμα, όπως η λιπάση και κυρίως να μετουσιωθούν οι οροπρωτεΐνες του γάλακτος. Η θέρμανση οδηγεί σε μετουσίωση της α-γαλακταλβουμίνης και της β-γαλακτοσφαιρίνης σε ποσοστό άνω του 60%. Η α-γαλακταλβουμίνη και η β-γαλακτοσφαιρίνη (πρωτεΐνες του ορού) ενώνονται μεταξύ τους και εν συνεχεία με τα μικκύλια της κ-καζεΐνης σχηματίζοντας υδρόφιλες σύμπλοκες ενώσεις σε μορφή πλέγματος οι οποίες συμβάλουν στη βελτιωμένη δομή και πυκνότητα του γιαουρτιού εμποδίζοντας την συναίρεση, ως ενώσεις με ικανότητα συγκράτησης του νερού (Shah, 2003).

**Εμβολιασμός γάλακτος με την καλλιέργεια:** Αρχικά, το γάλα ψύχεται ως τους 45°C και εμβολιάζεται με μια αρχική καλλιέργεια οξυγαλακτικών βακτηρίων. Στη βιομηχανική Παρασκευή προτιμάται, συνήθως, μίγμα των οξυγαλακτικών βακτηρίων *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* σε πληθυσμιακή αναλογία η οποία μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (π.χ. οξύτητα), τη θερμοκρασία επώασης του μίγματος αλλά και την ποσότητα των προστιθέμενων μικροοργανισμών. Ωστόσο, η βέλτιστη αναλογία των άνωθεν μικροοργανισμών φαίνεται να είναι 1:2. Η ταυτόχρονη δράση των δύο βακτηρίων δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την ταχύτερη μετατροπή του γάλακτος σε γιαούρτι. Ο *Lactobacillus delbrueckii subsp.*

*bulgaricus* υδρολύει τις καζεΐνες με αποτέλεσμα την απελευθέρωση αμινοξέων τα οποία επάγουν την αύξηση του *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* ο οποίος μειώνει το pH στο 5.4 περίπου δημιουργώντας ένα ευνοϊκά όξινο περιβάλλον για την ανάπτυξη του *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, ο οποίος παράγει γαλακτικό οξύ και μειώνει περισσότερο το pH. Ο *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* χρησιμοποιεί οξυγόνο μειώνοντας, έτσι, την πιθανότητα οξείδωσης και παράγει φορμικό οξύ δημιουργώντας, έτσι, ευνοϊκές συνθήκες για την αύξηση του άλλου μικροοργανισμού. Το μίγμα αναδεύεται για 10-15 min (Shah, 2003).

**Επώαση και πήξη:** Αμέσως μετά τον εμβολιασμό του γάλακτος το παραγόμενο μίγμα αναμιγνύεται και επωάζεται σε θερμοκρασία 42°C για 3 ώρες περίπου. Δεδομένου ότι ο *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* αναπτύσσεται άριστα στους 37°C και ο *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* στους 45°C, η θερμοκρασία των 42°C θεωρείται μια καλή λύση. Τα δύο αυτά οξυγαλακτικά βακτήρια, όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, δρουν συνδυαστικά και τα εκκρίματα του ενός επισπεύδουν και υποβοηθούν την ανάπτυξη του άλλου. Από τη ταυτόχρονη δράση τους παράγεται γαλακτικό οξύ με αποτέλεσμα τη μείωση του pH του μίγματος κάτω από την τιμή 5,3. Μετά το πέρας του σταδίου αυτού θα έχει παρασκευαστεί το τελικό προϊόν με pH 4 με 4,5. Αν θα προστεθούν επιπλέον υλικά όπως τεμάχια φρούτων ή αρώματα, τότε αυτά ενσωματώνονται στο προϊόν ακριβώς μετά το πέρας της επώασης και μετά γίνεται η συσκευασία (Yildiz et al., 2009).

**Ψύξη:** Μόλις το προϊόν φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα pH ψύχεται και διατηρείται σε θερμοκρασίες κάτω των 10°C (Shah, 2003).

## **1.2 Ενίσχυση γιαουρτιού με θρεπτικά στοιχεία (fortification)**

Τα τελευταία χρόνια, ο σύγχρονος τρόπος ζωής άλλαξε εντελώς πολλές πτυχές της ζωής του ανθρώπου. Μια από αυτές είναι και η διατροφή. Πιο συγκεκριμένα, η διατροφή του μέσου ανθρώπου του πλανήτη και ειδικότερα στις αναπτυγμένες χώρες έχει γίνει πενιχρή σε θρεπτικότητα, καθώς σε αυτήν έχει εισβάλει σε μεγάλο βαθμό η κατανάλωση fast food αλλά και επεξεργασμένων τροφών οι οποίες, ωστόσο, είναι συχνά θρεπτικά φτωχές. Επιπλέον, με την άνοδο της δυναμικής του κλάδου της ασφάλειας τροφίμων, επιτακτική έχει γίνει η ανάγκη για την θρεπτική ενίσχυση των



προϊόντων, ώστε να γίνουν πιο ανταγωνιστικά αλλά και να διαθέτουν επιθυμητά χαρακτηριστικά για τον καταναλωτή. Έτσι, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση στην κυκλοφορία προϊόντων εμπλουτισμένων θρεπτικά στην αγορά (fortification). Τα θρεπτικά στοιχεία που μπορούν να ενσωματωθούν στα διάφορα τρόφιμα ποικίλουν. Ειδικότερα, στο γιαούρτι, πάνω στο οποίο γίνεται έρευνα στην παρούσα εργασία, η τεχνολογία της ενίσχυσής τους θα μπορούσε κανείς να πει πως έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο. Αυτό θα μπορούσε, ίσως, να αποδοθεί στο γεγονός ότι το γιαούρτι αποτελεί, ήδη, ένα πολύ θρεπτικό προϊόν, οπότε με την περαιτέρω ενίσχυσή του θα μπορούσε να σχεδιαστεί μια νέα υπερτροφή. Παρακάτω θα αναφερθούν παραδείγματα ενίσχυσης του γιαουρτιού με διάφορες θρεπτικές πρώτες ύλες (Gehruie et al., 2015).

### **1.2.1 Οφέλη του γιαουρτιού στην υγεία του ανθρώπου**

Στο γιαούρτι που παρασκευάζεται από πλήρες γάλα η χημική σύσταση μοιάζει σε μεγάλο βαθμό με αυτήν του γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε. Οι κυριότερες διαφορές τους οφείλονται στην θέρμανση του γάλακτος και στην δράση των οξυγαλακτικών βακτηρίων (γαλακτική ζύμωση) που συμβαίνουν κατά την παρασκευή του γιαουρτιού. Η θέρμανση του γάλακτος στους 85-90°C για 15 λεπτά προκαλεί κάποιες μεταβολές που είναι τεχνολογικά απαραίτητες για την παραγωγή του γιαουρτιού, όμως, οδηγεί, ταυτόχρονα, σε μικρή κλίμακας θρεπτική υποβάθμιση του παραγομένου προϊόντος, διότι καταστρέφονται σε ποσοστό 20 με 60% ορισμένες υδατοδιαλυτές βιταμίνες του γάλακτος (Deeth and Tamine, 1981). Παράλληλα, ωστόσο, μερικά οξυγαλακτικά βακτήρια εμπλουτίζουν το προϊόν με συμπλέγματα της βιταμίνης Β ως προϊόντα του μεταβολισμού τους, κάτι που κάνει το γιαούρτι εξαιρετική πηγή βιταμινών Α, Β1, Β5, Β6 και Β12) (Shah, 2013). Τα οξυγαλακτικά βακτήρια, επίσης, συνεισφέρουν στην εξασφάλιση της ισορροπίας της μικροχλωρίδας του ανθρώπινου εντέρου, καθώς παρά το γεγονός πως δεν αποικίζουν σε αυτό, επάγουν τον πολλαπλασιασμό των *Lb. bifidus* και *Lb. acidophilus* του εντέρου. Τα οξυγαλακτικά βακτήρια είναι, επιπλέον, υπεύθυνα για την γαλακτική ζύμωση του γάλακτος. Πιο συγκεκριμένα η λακτόζη μετατρέπεται γαλακτόζη και γαλακτικό οξύ. Η μετατροπή της λακτόζης, εν τέλει, σε γαλακτικό οξύ ανέρχεται σε ποσοστό 25 με 30%. Το γαλακτικό οξύ έχει την ικανότητα να δρα ευεργετικά στην κινητικότητα του ανθρώπινου εντέρου, αλλά και να επικουρεί στην πεπτικότητα των καζεϊνών και στην

απορρόφηση του ασβεστίου. Η μείωση της περιεκτικότητας σε λακτόζη κάνει το γιαούρτι πιο εύπεπτο και πιο ανεκτό στα άτομα με δυσανεξία στη λακτόζη σε σχέση με το γάλα που χρησιμοποιήθηκε ως πρώτη ύλη για την παρασκευή του. Τέλος, το γιαούρτι έχει δεδομένες αντιμικροβιακές, αντιμεταλλαξογόνες, αντικαρκινικές, ανοσορυθμιστικές, αντιυπερτασικές και αντιχοληστερινικές ιδιότητες, όπως και θετικό αντίκτυπο στη διαδικασία μεταβολισμού των ιχνοστοιχείων (Shah, 2013). Οι αντιμικροβιακές του ιδιότητες μπορεί να οφείλονται είτε στον μικροβιακό ανταγωνισμό, είτε στο υπεροξειδίο του υδρογόνου, είτε στην έκκριση βακτηριοσινών από την καλλιέργεια οξυγαλακτικών βακτηρίων του γιαουρτιού. Τα σαφή αυτά οφέλη του γιαουρτιού σε συνδυασμό με τη δυνατότητα εμπλουτισμού του με θρεπτικά συστατικά δύνανται να αποτελέσουν σημαντικό κίνητρο για την αύξηση της κατανάλωσής του ως ένα θρεπτικό και συνάμα υγιεινό προϊόν (Μάντης, 2000).

### **1.2.2 Παραδείγματα ενίσχυσης του γιαουρτιού με θρεπτικά συστατικά**

*Ενσωμάτωση βιταμινών:* Οι βιταμίνες αποτελούν σύμπλοκες ενώσεις απαραίτητες για την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές βιταμινών με την προσθήκη σε αυτά βιταμινών για την διατροφική τους ενίσχυση. Πάντως, οι βιταμίνες αποτελούν ευαίσθητες ενώσεις και χρειάζεται επομένως προσοχή ώστε να μη καταστραφούν λόγω της θέρμανσης, της επεξεργασίας γενικότερα ή της αποθήκευσής τους (Rao and Shahani, 1987). Συχνά το γιαούρτι εμπεριέχει μια ποσότητα βιταμίνης Β. Αυτό συμβαίνει καθώς μερικοί τύποι οξυγαλακτικών βακτηρίων, όταν εμπεριέχονται στην αρχική καλλιέργεια, παράγουν βιταμίνη Β εμπλουτίζοντας έτσι το παραγόμενο γιαούρτι (Akin, 2006). Ωστόσο, με τεχνητά μέσα, θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στο γιαούρτι και άλλοι τύποι βιταμινών. Η βιταμίνη D, για παράδειγμα, που είναι απαραίτητη για τη σκελετική ανάπτυξη όπως και για τη ρύθμιση των επιπέδων ασβεστίου και φωσφόρου στο ανθρώπινο σώμα, παράγεται από την άμεση έκθεση του ανθρώπου στην ακτινοβολία UV του ηλίου (Holick, 2004). Όμως, σε βορειότερα τμήματα του πλανήτη όπου η ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια του έτους είναι μειωμένη το ανθρώπινο σώμα αδυνατεί να παράξει επαρκείς ποσότητές της, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος για εμφάνιση οστεοπόρωσης, αυτοάνοσων νοσημάτων, διαβήτη τύπου 1, υπέρταση, καρκίνων κ.α. σε αυτούς τους πληθυσμούς (Holick, 2002; Holick, 2004). Έτσι, η ενσωμάτωση της βιταμίνης D σε

κάποιο γαλακτοκομικό προϊόν όπως το γιαούρτι θα είχε ουσία ειδικά για αυτούς τους πληθυσμούς. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η βιταμίνη αυτή είναι αρκετά σταθερή στο γάλα και στο γιαούρτι και αντέχει την επεξεργασία, την τυποποίηση και την αποθήκευση ενσωματωμένη σε αυτά τα προϊόντα (Hanson and Metzger, 2010; Holick, 2002; Kazmi et al., 2007; Redken and Warthesen, 1993; Upreti et al., 2002; Wagner et al., 2008). Τέλος, επειδή το γάλα και το γιαούρτι είναι προϊόντα φτωχά σε βιταμίνες Α και C, θα μπορούσαν να ενσωματώνονται στο προϊόν για την ενίσχυση της διατροφικής του αξίας. Ωστόσο, η βιταμίνη Α γίνεται τοξική σε μεγάλη δόση (Preedy et al., 2013), οπότε θα ήταν καλό να προτιμηθούν κάποιες προβιταμίνες της όπως το β-καροτένιο (Gehruie et al., 2015).

*Ενσωμάτωση σιδήρου:* Ο σίδηρος είναι ένα ιχνοστοιχείο αρκετά σημαντικό για τον άνθρωπο και γι' αυτό το λόγο πρέπει να βρίσκεται σε επιθυμητά επίπεδα στον οργανισμό, καθώς συγκροτεί με άλλα μόρια τις αιμοσφαιρίνες, ενώ, ακόμη, παίρνει μέρος σε διάφορες ενζυμικές αντιδράσεις και στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, πολλοί άνθρωποι αντιμετωπίζουν προβλήματα ανεπάρκειας σιδήρου, αναιμίας και πολλές άλλες ασθένειες που σχετίζονται με την έλλειψη του συγκεκριμένου ιχνοστοιχείου. Έτσι, ο εμπλουτισμός διάφορων τροφίμων με σίδηρο θα μπορούσε να αποτελέσει λύση (Gehruie et al., 2015). Στο γιαούρτι ο σίδηρος έχει σχετικά υψηλή βιοδιαθεσιμότητα (Woestyne et al., 1991). Όμως, προβλήματα που απορρέουν από την ενσωμάτωσή του σε αυτό, όπως η αυξημένη οξείδωση και η μεταλλική γεύση εξαιτίας της παρουσίας αλάτων σιδήρου δεν έχει, ακόμη, ξεπεραστεί (Jackson and Lee, 1991). Η οξείδωση, λοιπόν, των λιπαρών οξέων του γιαουρτιού αποτελεί ένα μείζον κώλυμα, επειδή, εκτός της γεύσης, επηρεάζει και την βιοδιαθεσιμότητα του σιδήρου μειώνοντάς την (Hegenauer et al., 1979a; Hegenauer et al., 1979b; Wang et al., 1973). Τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν πιθανώς να ξεπεραστούν αν η ενίσχυση των γαλακτοκομικών με σίδηρο γινόταν με την παράλληλη ενσωμάτωση βιταμίνης C (βοηθάει στην απορρόφησή του από τον οργανισμό) στο προϊόν, έτσι ώστε να μην τροποποιηθούν ιδιαίτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (Kim et al., 2003). Τέλος, υπερφόρτωση του ανθρώπινου οργανισμού με σίδηρο δύναται να οδηγήσει σε ασθένειες όπως κύρωση ή καρκίνο του ήπατος κ.α. οπότε η προσοχή και ο σωστός σχεδιασμός στην ανάπτυξη τέτοιων προϊόντων θεωρούνται επιτακτικά (Schumann, 2001).

*Ενσωμάτωση φυτικών ινών:* Οι φυτικές ίνες, ουσιαστικά, αποτελούνται από τα κυτταρικά τοιχώματα φρούτων, λαχανικών, σπόρων και καρπών (Trowell et al., 1976; Lunn and Buttriss, 2007) και θεωρείται δεδομένο ότι η κατανάλωσή τους θωρακίζει τον ανθρώπινο οργανισμό, προστατεύοντάς τον από ασθένειες όπως η παχυσαρκία, η στεφανιαία νόσος, ο καρκίνος και πολλές άλλες (Van Dam and Seidell, 2007; Pereira et al., 2004; Mann, 2007; Bingham et al., 2003). Το γιαούρτι, ωστόσο, φυσιολογικά δεν εμπεριέχει φυτικές ίνες. Οπότε, θα αποτελούσε μια ενδιαφέρουσα λύση η ενσωμάτωση φυτικών ινών σε αυτό. Η θεμιτή ποσότητα φυτικών ινών στο προϊόν είναι ως 3% w/w (Gehruie et al., 2015).

*Ενσωμάτωση προβιοτικών:* Όπως έχει ήδη αναφερθεί η συνηθέστερη καλλιέργεια που χρησιμοποιείται στην παρασκευή γιαουρτιού είναι ένα μίγμα των οξυγαλακτικών βακτηρίων *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Ωστόσο, αυτά τα βακτήρια δεν αποικίζουν τα ίδια το έντερο καθώς δεν επιβιώνουν της πέψης και συνεπώς δεν παίζουν σημαντικό ρόλο ως προβιοτικά (Mater et. al., 2005). Έτσι, τα τελευταία χρόνια παρασκευάζονται γιαούρτια εμπλουτισμένα με επιπλέον οξυγαλακτικά βακτήρια εκτός των ανωτέρω δύο. Μερικά από αυτά είναι διάφορα είδη του γένους *Bifidobacterium* (π.χ. *Bifidobacterium animalis*) και του γένους *Lactobacillus* (π.χ. *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus reutri*). Αυτά τα συμβιωτικά βακτήρια επιβιώνουν στην πεπτική οδό και παρασιτούν στο ανθρώπινο έντερο συνιστώντας μέρος της φυσιολογικής μικροχλωρίδας του. Έτσι, διασφαλίζουν την ισορροπία και την εύρυθμη λειτουργία του εντέρου (Fazilah et. al., 2018).

### **1.3 Πρωτεΐνες – Καζεΐνες στο γάλα αγελάδας**

Στο γάλα της αγελάδας η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κυμαίνεται από 2,3-4,4% (Walstra et al., 2006), ποσοστό που κυρίως εξαρτάται από παράγοντες που σχετίζονται με το ζώο (π.χ. φυλή αγελάδας) και τις συνθήκες συλλογής (π.χ. εποχή συλλογής). Οι πρωτεΐνες του γάλακτος διακρίνονται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες: τις πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος και τις καζεΐνες. Τόσο οι πρωτεΐνες, όσο και οι καζεΐνες εμφανίζουν μεγάλη παραλλακτικότητα (Μάντης, 2000).

### 1.3.1 Πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος (αγελαδινό)

Οι οροπρωτεΐνες αποτελούν το 0,7% w/w των συστατικών του γάλακτος και το 20-25% (Hoffman and Falvo, 2004) των πρωτεϊνών του. Αποτελούνται από τις ακόλουθες πρωτεΐνες:

- 1) α-Γαλακταλβουμίνη (α- La): Αποτελεί το 20% των οροπρωτεϊνών. Η πρωτεΐνη αυτή ενώνεται με ένα κατιόν ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) και έτσι σταθεροποιείται η δομή της. Σε χαμηλές τιμές pH απομακρύνεται το κατιόν ασβεστίου και η πρωτεΐνη αυτή γίνεται ευαίσθητη στη θέρμανση και ασταθής (αλλάζει η δομή της). Πιο συγκεκριμένα, όσο η α- La είναι συνδεδεμένη με το κατιόν η θερμοκρασία πήξης της είναι  $68^{\circ}\text{C}$  ενώ μόλις απομακρυνθεί το κατιόν η θερμοκρασία πήξης βρίσκεται πολύ πιο χαμηλά στους  $43^{\circ}\text{C}$  (Chatterton, 2006).
- 2) Β-Γαλακτοσφαιρίνη (β- Lg): Αποτελεί την κύρια πρωτεΐνη του ορού συνεισφέροντας ως και 50% w/w στο σύνολο των οροπρωτεϊνών. Έχει πιθανές αντικαρκινικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες, όπως, επίσης, φαίνεται να δρα εναντίον της υπέρτασης και της υπερχοληστερολαιμίας (Chatterton, 2006). Ωστόσο, είναι η πιο αλλεργιογόνος πρωτεΐνη του γάλακτος της αγελάδας (Fox, 2009; Creamer et al., 2011).
- 3) Οροαλβουμίνη (BSA): αποτελεί το 6% των οροπρωτεϊνών (Μάντης, 2000).
- 4) Ανοσοσφαιρίνες (Igs): Αποτελούν το 12% των οροπρωτεϊνών. Είναι γλυκοπρωτεΐνες, με μεγάλο μοριακό βάρος και ετερογένεια. Σχετικά με την δομή της, κάθε μόριο ανοσοσφαιρίνης συγκροτείται από 2 βαριές και 2 ελαφριές αλυσίδες, ενωμένες μεταξύ τους με δισουλφιδικούς δεσμούς (Μάντης, 2000).
- 5) Πρωτεόζες – πεπτόνες: Αποτελούν το 12% των οροπρωτεϊνών. Πρόκειται, για ένα μίγμα πεπτιδίων με μεγάλη πολυπλοκότητα το οποίο το οποίο παρουσιάζει σταθερότητα σε συνθήκες θέρμανσης και γίνεται διαλυτό σε όξινες συνθήκες ( $\text{pH}<4,6$ ) (Pritchard and Kailasapathy, 2011).
- 6) Γαλακτοσιδηρίνη: Αποτελεί μια γλυκοπρωτεΐνη που ενώνεται με 2 άτομα σιδήρου, ικανότητα που της προσδίδει αντιμικροβιακές, αντικαρκινικές, ανοσορυθμιστικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, μιας και ο ελεύθερος σίδηρος είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη αρκετών τύπων βακτηρίων και

ιών, ενώ, ακόμη, ευνοεί την ανάπτυξη όγκων (προκαλεί βλάβες στα νουκλεϊκά οξέα λόγω οξείδωσης) (Petrotos et al., 2014).

### 1.3.2 Καζεΐνες

Οι οροπρωτεΐνες διακρίνονται από τις καζεΐνες, καθώς οι δεύτερες τείνουν να καθιζάνουν στο μίγμα του γάλακτος σε όξινες συνθήκες με  $pH < 4,6$  και θερμοκρασία  $20^{\circ}C$ . Αποτελούν το 2,4-2,8% w/w των συστατικών του γάλακτος και το 75-80% των πρωτεϊνών του (NG-Kwai-Hang, 2011). Παρακάτω αναφέρονται οι διάφοροι τύποι καζεϊνών:

1.  $\alpha s1$ - καζεΐνη
2.  $\alpha s2$ - καζεΐνη
3.  $\beta$ - καζεΐνη
4.  $\gamma$ - καζεΐνη που παράγεται από την ενζυμική διάσπαση της  $\beta$ -καζεΐνης, υπό την επίδραση της πρωτεϊνάσης
5.  $\kappa$ - καζεΐνη

Οι ανωτέρω πρωτεΐνες κατά 90% απαντούν στο γάλα υπό μορφή σύμπλοκων, σφαιρικών ενώσεων που καλούνται μικκύλια και βρίσκονται διάσπαρτα στην υδατική φάση του. Τα μικκύλια είναι ενυδατωμένες ενώσεις (70% w/w περιεκτικότητα σε νερό) που συγκροτούνται κατά περίπου 93% w/w από καζεΐνες και κατά 7% w/w από ανόργανα στοιχεία, όπως ο φώσφορος και το ασβέστιο, που συμβάλλουν στη διατήρηση του σχήματός τους και ενώσεις, όπως τα κιτρικά άλατα, που ρυθμίζουν τη κατάσταση διασποράς τους στο γάλα (Horne, 2011). Οι διαστάσεις των μικκυλίων είναι, συνήθως, 80-100  $\mu m$  (Ανυφαντάκης, 1992). Κατά το υπόλοιπο 10% οι καζεΐνες απαντούν στο γάλα σε διαλυτή μορφή. Οι καζεΐνες της μιας μορφής δύναται να λάβουν την άλλη μορφή, κάτι που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ποσότητα και τη διαθεσιμότητα των κατιόντων ασβεστίου και φωσφόρου στο γάλα. Με την αύξηση ή την μείωση της συγκέντρωσης των ανόργανων αυτών στοιχείων στο γάλα οι καζεΐνες μπορούν να μεταβούν από τη μια μορφή στην άλλη (Ανυφαντάκης, 2004).

### **1.3.3 Μετουσίωση και συσσωμάτωση πρωτεϊνών-καζεϊνών κατά την επεξεργασία του γάλακτος για παρασκευή γιαουρτιού**

Οι κυριότερες μεταβολές που συμβαίνουν στις πρωτεΐνες του γάλακτος κατά την επεξεργασία του για την παρασκευή γιαουρτιού, προέρχονται από τη θέρμανση του γάλακτος στους 85-90°C για 30 λεπτά, διαδικασία απαραίτητη, ώστε να αδρανοποιηθούν κάποια ένζυμα του γάλακτος, αλλά και προκειμένου να συμβούν κάποιες μεταβολές που θεωρούνται απαραίτητες τεχνολογικά για την παρασκευή γιαουρτιού με επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως αυτές που συμβαίνουν στις πρωτεΐνες του γάλακτος (Μάντης, 2000).

Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 85°C για περισσότερο από 5 λεπτά παρατηρείται μετουσίωση των πρωτεϊνών του ορού σε ποσοστό 75-100% (Tamime and Deeth, 1980). Η α-γαλακταλβουμίνη και η β-γαλακτοσφαιρίνη (πρωτεΐνες του ορού) ενώνονται μεταξύ τους και εν συνεχεία με την κ-καζεΐνη σχηματίζοντας υδρόφιλες σύμπλοκες ενώσεις σε μορφή πλέγματος (Davies et al., 1978) οι οποίες συμβάλουν στη βελτιωμένη δομή και πυκνότητα του γιαουρτιού εμποδίζοντας τη συναίρεση, ως ενώσεις με ικανότητα συγκράτησης του νερού (water holding capacity) (Elfagm and Wheelock, 1978a; Elfagm and Wheelock, 1978b). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δομική βελτίωση του συνεκτικού γιαουρτιού, αλλά και την αύξηση της πυκνότητας στο αναμιγμένο γιαούρτι, τύποι γιαουρτιού που έχουν ήδη αναφερθεί σε αυτήν τη διατριβή (Lucey and Singh, 1997). Η ένωση των συσσωματωμένων οροπρωτεϊνών με τα μικκύλια των καζεϊνών ευνοείται από την ικανότητα των κατιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ), τα οποία υπάρχουν δεσμευμένα στα μόρια των α-γαλακταλβουμινών όπως έχει ήδη αναφερθεί, να επηρεάζουν τις ηλεκτροστατικές σχέσεις μεταξύ της β-γαλακτοσφαιρίνης και της κ-καζεΐνης (Özer, 1997). Η ένωση των οροπρωτεϊνών με τα μικκύλια καζεΐνης ευθύνεται κατά κύριο λόγο για την υφή γέλης που έχει το γιαούρτι.

Οι οροπρωτεΐνες είναι πιο ευαίσθητες στη θερμική επεξεργασία από τις καζεΐνες, με εξαίρεση τις πρωτεόζες-πεπτόνες που είναι αρκετά σταθερές στη θέρμανση. Οι καζεΐνες καθιζάνουν με τη μείωση του pH. Η μείωση του pH αυξάνει τον ρυθμό μετουσίωσης των οροπρωτεϊνών, ενώ η αυξημένη συγκέντρωση λακτόζης τον μειώνει (Yildiz et al., 2009).

Η θέρμανση έχει επιπτώσεις και στις καζεΐνες. Μερική υδρόλυση των καζεϊνών, αποφωσφορύνωση και απελευθέρωση των γλυκοπρωτεϊνών της κ- καζεΐνης είναι μερικές από αυτές. Αυτές οι μεταβολές έχουν άμεση επίδραση στην πεπτικότητα και στη γευστικότητα του γιαουρτιού (Μάντης, 2000).

#### 1.4 Η γύρη

Η γύρη παράγεται από τα αρσενικά αναπαραγωγικά όργανα των Σπερματόφυτων, δηλαδή από τους γυρεόκοκκους. Οι γυρεόκοκκοί βρίσκονται στους ανθήρες των στημόνων. Το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα της γύρης διαφέρει από φυτό σε φυτό. Η μέλισσα συλλέγει τη γύρη από τα φυτά με τη βοήθεια των πίσω, συλλεκτικού τύπου, ποδιών της και με το τρίχωμα που αυτά διαθέτουν. Αφού τη συλλέξει και την εμποτίσει με κάποια στοματικά της εκκρίματα καθώς και με νέκταρ του ίδιου του άνθους, την πλάθει με τα πίσω πόδια της σε μικρά πακέτα (corbiculae) και έπειτα την τοποθετεί σε ένα ειδικό κοίλωμα της πεπλατυσμένης κνήμης των πίσω ποδιών της ώστε να τη μεταφέρει στην κυψέλη. Οι μελισσοτρόφοι χρησιμοποιούν κάποιες ειδικές κατασκευές στην είσοδο της κυψέλης που παγιδεύουν αυτό το μίγμα γύρης, στοματικών εκκριμάτων και νέκταρ, ενώ, εν συνεχεία, αυτό αποξηραίνεται και γίνεται έτοιμο να διατεθεί για εμπορικούς σκοπούς. Με τον όρο γύρη στην παρούσα διατριβή θα γίνεται αναφορά σε αυτό το μίγμα και όχι στη γύρη που υπάρχει σε φυσική μορφή («ακατέργαστη» από τη μέλισσα) στους ανθήρες των φυτών.



**Εικόνα 1.4:** Οι παγίδες που εγκλωβίζουν τη γύρη (A) με την είσοδο της μέλισσας στην κυψέλη (B, C), το μηχάνημα όπου αποξηραίνονται υπό την επίδραση θερμότητας (D) και η τοποθέτηση της γύρης σε πλαστική συσκευασία (E). Προέλευση: Li et al., 2018.



#### 1.4.1 Συστατικά της γύρης και οφέλη της στην υγεία

Η σημασία της γύρης ήταν ήδη γνωστή από τα αρχαία χρόνια. Είναι γνωστό ότι περιέχει ενεργούς φυσικούς μεταβολίτες προσδίδοντας της ένα εξαιρετικά ευρύ φάσμα από πιθανά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου. Στα συστατικά της περιλαμβάνονται υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, βιταμίνες, πολυφαινόλες, και άλλες πολλές, ακόμη, ενώσεις και σύμπλοκα. Έρευνες τα τελευταία χρόνια έχουν αποδείξει σπουδαία αντιγηραντική, αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική και αντιβακτηριακή δράση της γύρης (Li et al., 2018).

*Υδατάνθρακες:* αποτελούν το 40-85% w/w του ποσοστού (επί ξηρού) της γύρης. Ο υδατάνθρακας που βρίσκεται στα μεγαλύτερα ποσοστά στη γύρη είναι η φρουκτόζη, ακολουθούμενη από τη γλυκόζη και τη σακχαρόζη. Επίσης, υπάρχουν αρκετοί ολιγοσακχαρίτες και πολυσακχαρίτες σε μικρότερα ποσοστά, που βοηθούν στη ρύθμιση ορισμένων βιολογικών λειτουργιών (Li et al., 2018).

*Πρωτεΐνες και αμινοξέα:* Αποτελούν το 14-30% w/w του ποσοστού (επί ξηρού) της γύρης. Υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα στη γύρη. Τα υψηλά ποσοστά πρωτεϊνών και αμινοξέων που υπάρχουν στη γύρη την κάνουν εξαιρετική ζωοτροφή, καθώς και σπουδαίο συμπλήρωμα διατροφής για τον άνθρωπο (Li et al., 2018).

*Λιπίδια:* Αποτελούν το 1-10% w/w του ποσοστού (επί ξηρού) της γύρης (Li et al., 2018).

*Βιταμίνες:* Η γύρη είναι πλούσια σε βιταμίνες, ειδικά σε βιταμίνες τύπου Β (Li et al., 2018). Επίσης, περιέχει και βιταμίνη Α που αποτελεί σημαντικό αντιοξειδωτικό, όπως και βιταμίνη Ε και C (την τελευταία σε ίχνη) (Chantarudee, et al., 2012).

*Μέταλλα και ιχνοστοιχεία:* Η γύρη είναι πλούσια σε ιχνοστοιχεία. Κάποια από αυτά είναι το Κάλιο, το Νάτριο, το Ασβέστιο, το Μαγνήσιο, ο Φωσφόρος, ο Ψευδάργυρος, ο Σίδηρος, ο Χαλκός και το Μαγνήσιο, στοιχεία απαραίτητα για την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, που όμως συχνά παρουσιάζουν έλλειψη σε πολλά άτομα (Li et al., 2018).

*Καροτενοειδή:* Η ύπαρξη καροτενοειδών και τα επίπεδά τους στη γύρη εξαρτώνται από τη προέλευση της και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που συλλέχθηκε (Muniategui, et al., 1990). Όπως απέδειξαν αναλύσεις σε ρουμάνικη γύρη, εντοπίστηκε σε αυτή σημαντική περιεκτικότητα σε λουτεΐνη (57.04–476.30  $\mu\text{g/g}$  ξηρής γύρης),  $\beta$ -κρυπτοξανθίνη (1.31–35.43  $\mu\text{g/g}$  ξηρής γύρης) και  $\beta$ -καροτένιο (ίχνη- 18.18  $\mu\text{g/g}$  ξηρής γύρης), το οποίο είναι μια προβιταμίνη της βιταμίνης A (Li et al., 2018). Το  $\beta$ -καροτένιο αποδεδειγμένα μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου, καθώς και καρδιαγγειακών προβλημάτων (Kritchevsky, 1999).

*Πολυφαινόλες:* Οι πολυφαινόλες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών και γενικά προστατεύουν από την υπερϊώδη ακτινοβολία, καθώς και από διάφορα παθογόνα. Επίσης συμβάλουν στην ωρίμανση της γύρης. Ανάλογα με την χημική δομή τους διαχωρίζονται σε φλαβονοειδή και σε φαινολικά οξέα. Στην δράση των πολυφαινολών οφείλονται πολλές από τις αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμικροβιακές, αντιβακτηριακές και αντιγηραντικές ιδιότητες της γύρης (Li et al., 2018).

#### **1.4.2 Παραδείγματα χρήσης της γύρης στον κλάδο της Τεχνολογίας Τροφίμων**

##### **1.4.2.1 Χρήση εκχυλίσματος γύρης ως φυσικό αντιοξειδωτικό για την παρεμπόδιση της οξείδωσης των λιπιδίων σε λουκάνικα χοίρου**

Σε έρευνα που δημοσιεύθηκε το 2017 (Almeida et al., 2017) ενσωματώθηκε πειραματικά εκχύλισμα γύρης σε χοιρινά λουκάνικα με σκοπό να διαπιστωθεί τυχόν αντιοξειδωτική δράση συστατικών της γύρης. Χρησιμοποιήθηκε εκχύλισμα γύρης το οποίο παρασκευάστηκε με τη χρήση μίγματος αιθανόλης ως διαλύτη, ανάδευση του εκχυλίσματος στις 150 rpm για 60 λεπτά, διήθησή του με χρήση διηθητικού χαρτιού και εν συνεχεία αφυδάτωση του εκχυλίσματος σε θερμοκρασία 40°C και πίεση 600 mm Hg μέχρι την πλήρη αφυδάτωσή του (lyophilisation). Το εκχύλισμα αυτό προστέθηκε σε χοιρινά λουκάνικα που παρασκευάστηκαν, επίσης, από τους ερευνητές. Τα λουκάνικα συντηρούνταν σε θερμοκρασία 4°C για 30 μέρες και λαμβάνονταν μετρήσεις για την αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής δράσης της γύρης ανά 5 μέρες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτής της έρευνας για διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με την οξείδωση των λιπιδίων, οδήγησαν στο

συμπέρασμα ότι η ενίσχυση των λουκάνικων με το εκχύλισμα της γύρης σε συνδυασμό με τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία (4°C) όντως λειτούργησε ως αντιοξειδωτικό με ισχυρή δράση για το προϊόν. Η δράση αυτή πιθανόν οφείλεται στην ύπαρξη φαινολικών ενώσεων στη γύρη όπως η καμφερόλη, η κουερσετίνη, η ρουτίνη (φλαβονοειδή) και το κινναμωμικό οξύ, ουσίες με αποδεδειγμένη αντιοξειδωτική δράση. Μάλιστα η αντιοξειδωτική δράση της γύρης συγκρίθηκε και με τη δράση του ερυθροβικού νατρίου (ή ισοσκορβικό νάτριο) που αποτελεί κοινό συντηρητικό των κρεάτων και παρατηρήθηκε ισχυρότερη δράση της γύρης. Εν κατακλείδι, η γύρη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς μελλοντικά για τέτοιους σκοπούς αποτελώντας ταυτόχρονα ένα ισχυρό αλλά και φυσικό προϊόν (Almeida et al., 2017).

#### **1.4.2.2 Χρήση σκόνης γύρης σαν συμπλήρωμα διατροφής και αντιοξειδωτικό σε μπισκότα**

Σε έρευνα που δημοσιεύθηκε το 2015 (Krystyjan et al., 2015) ενσωματώθηκε πειραματικά γύρη σε μορφή σκόνης σε μπισκότα με σκοπό να διαπιστωθούν τυχόν μεταβολές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μπισκότων, αλλά και να προσδιοριστούν τυχόν επιδράσεις της γύρης στις φυσικοχημικές και αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Η γύρη που χρησιμοποιήθηκε αποξηράνθηκε, αρχικά σε θερμοκρασία 36°C, έτσι ώστε τα επίπεδα υγρασίας να φτάσουν στα επιθυμητά επίπεδα (5 g/100 g). Έπειτα, πέρασε από κόσκινο ώστε να λάβει τη μορφή σκόνης. Η γύρη μετά από την άνωθεν επεξεργασία της χρησιμοποιήθηκε μαζί με τα υπόλοιπα υλικά για την παρασκευή των μπισκότων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτής της έρευνας οδήγησαν στα ακόλουθα συμπεράσματα: Δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στα λιπαρά του προϊόντος, ωστόσο παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην περιεκτικότητά τους σε ζάχαρη, πρωτεΐνες, φυτικές ίνες, πολυφαινόλες, όπως, επίσης, και στην πιθανή αντιοξειδωτική δράση του τελικού προϊόντος. Τα μπισκότα που περιείχαν γύρη, επιπλέον, ήταν σκουρότερα από εκείνα που δεν περιείχαν. Οι ερευνητές προσέθεσαν γύρη σε περιεκτικότητες 2,5% w/w, 5% w/w, 7,5% w/w και 10% w/w και δεν εντοπίστηκε εκφυλισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε κανένα από τα δείγματα με διαφορετικές περιεκτικότητες, ωστόσο το δείγμα με 5% w/w περιεκτικότητα σε γύρη ήταν το δείγμα με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση γύρης που, όμως, η γεύση του ήταν στα ίδια επίπεδα με του control. Άρα, η γύρη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε

ποικίλες τεχνολογικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στη συγκεκριμένη έρευνα σαν αντιοξειδωτικό και συμπλήρωμα διατροφής ταυτόχρονα (Krystyjan et al., 2015).

## 2. Σκοπός

Η γύρη είναι ένα εξαιρετικό θρεπτικό μελισσοκομικό προϊόν. Τα οφέλη της στην ανθρώπινη υγεία είναι πολλά και παρά τη διαχρονική χρήση της, μόνο πρόσφατα άρχισε να γνωστοποιείται με επιστημονικά τεκμήρια η τεράστια σημασία της. Η γύρη μπορεί να αποτελέσει τα επόμενα χρόνια την αιχμή του δόρατος στον κλάδο της Τεχνολογίας Τροφίμων με ποικίλες εφαρμογές σε τρόφιμα και ποτά, χρησιμοποιούμενη τόσο για τον ευεργετικό της ρόλο στην υγεία και τη διατροφική της αξία, όσο και για τα υπόλοιπα οφέλη της, όπως για παράδειγμα την αντιοξειδωτική της δράση. Σε επιστημονικές μελέτες έχει ήδη χρησιμοποιηθεί πειραματικά, όπως αναφέρθηκε στο εισαγωγικό μέρος και έχει ενσωματωθεί σε διάφορα προϊόντα (π.χ. μπισκότα, λουκάνικα). Το γιαούρτι, από την άλλη, αποτελεί ένα, επίσης, εξαιρετικά ευεργετικό για την ανθρώπινη υγεία προϊόν, η κατανάλωση του οποίου είναι πολύ διαδεδομένη παγκοσμίως. Επομένως, ο εμπλουτισμός πηγμάτων όπως το γιαούρτι με ποσότητα γύρης, δύναται να οδηγήσει στην παρασκευή ενός καινοτόμου προϊόντος με υψηλή ζήτηση από το καταναλωτικό κοινό, εξαιτίας των ιδιοτήτων του. Σκοπός αυτής της διατριβής είναι να παρατηρηθούν τυχόν επιδράσεις της προσθήκης ποσοτήτων γύρης σε πηγμάτα τύπου γιαουρτιού στη δομή του παραγόμενου προϊόντος και σε άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του.

Τρόπος προσέγγισης του σκοπού: Σύγκριση της δομής και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών (χρώμα, συναίρεση) δείγματος πηγματος τύπου γιαουρτιού χωρίς εκχύλισμα γύρης (control) με διάφορα πηγμάτα στα οποία ενσωματώθηκε εκχύλισμα με διαφορετικό ποσοστό γύρης κάθε φορά.

### 3. Υλικά και μέθοδοι

Η πειραματική διαδικασία μπορεί να χωριστεί σε δύο σειρές πειραμάτων:

A) Στην παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w περιεκτικότητα σε γύρη) και

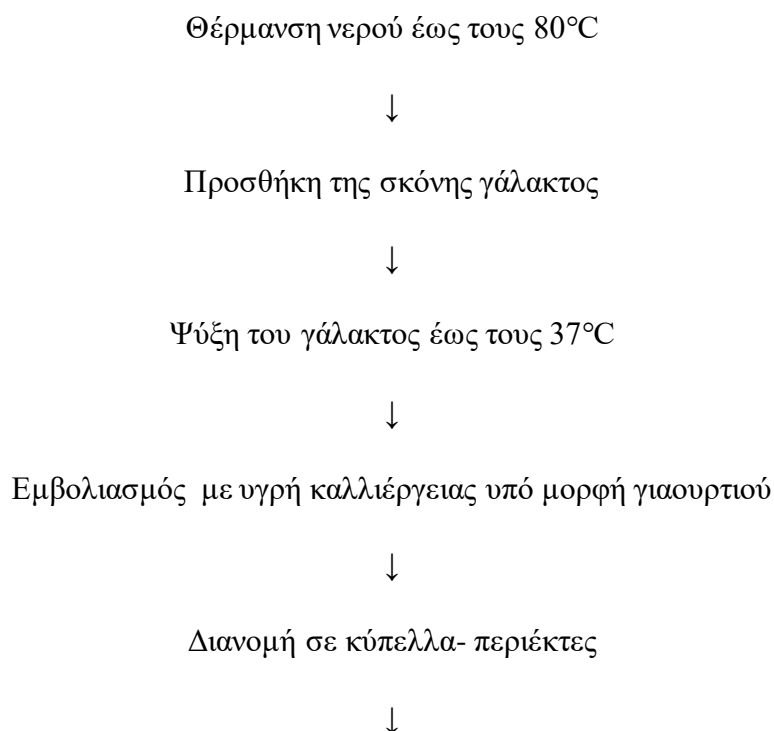
B) Στην παρασκευή τεσσάρων διαφορετικών τύπων πηγμάτων τύπου γιαουρτιού με την ενσωμάτωση σε αυτά εκχυλίσματος γύρης με τις ακόλουθες περιεκτικότητες: 0,5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w περιεκτικότητα σε γύρη.

Κάθε διαφορετικός τύπος πήγματος παρασκευάστηκε σε παραπάνω από μια επαναλήψεις για διασταύρωση των μετρήσεων.

#### 3.1. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w)

- Αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη στιγμιαίας διάλυσης με 3,5% w/w λιπαρά
- Εμπορικό ελληνικό πρόβειο γιαούρτι με 6,7% w/w λιπαρά

##### 3.1.1 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w)



Επώαση στους 42°C για 3 h



Ψύξη και διατήρηση στους 4°C για 15 ημέρες

### **3.2 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού με εκχύλισμα γύρης**

- Αποβουτυρωμένο γάλα σε σκόνη στιγμιαίας διάλυσης με 3,5% w/w λιπαρά
- Εμπορικό ελληνικό πρόβειο γιαούρτι με 6,7% w/w λιπαρά
- Γύρη

Η γύρη που χρησιμοποιήθηκε προέρχεται από ντόπιο μελισσοκόμο του Πηλίου. Οι μέλισσες που έδωσαν τη γύρη προέρχονται από την ντόπια ελληνική φυλή *Apis mellifera cecropia* και η γύρη λαμβάνονταν από κοινά άνθη της ελληνικής φύσης.

#### **3.2.1 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή εκχυλίσματος γύρης**

Προσθήκη μίγματος νερού-γύρης στο μηχάνημα υπερήχων



20 min στο υδατόλουτρο απιονισμένου νερού του μηχανήματος



Διήθηση με του μίγματος με τη χρήση διηθητικού χαρτιού



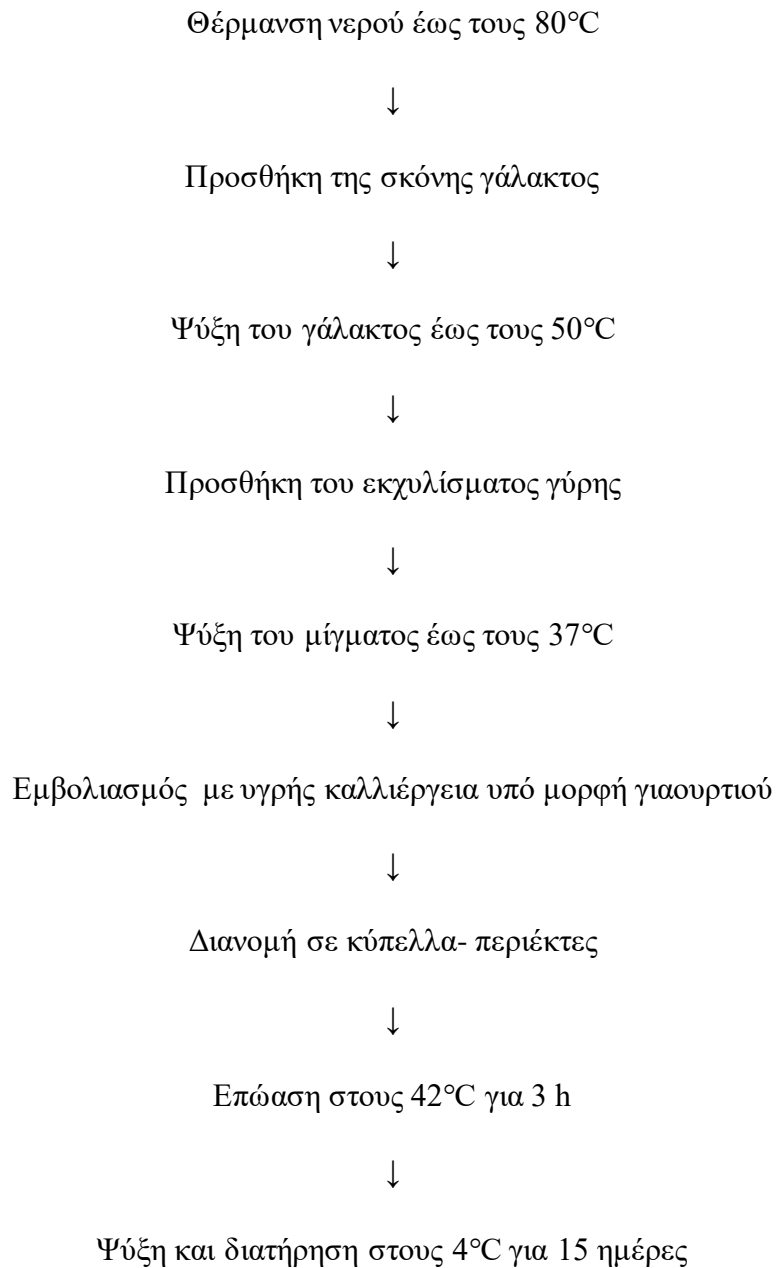
Εκχυλίσματα γύρης σε περιεκτικότητες 0,5% w/w, 1% w/w, 2% w/w και 3% w/w σε γύρη

#### **3.2.2 Ομογενοποίηση μίγματος νερού-γύρης με τη χρήση υπερήχων**

Για το συγκεκριμένο σκοπό χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα υπερήχων τύπου Branson 200 Ultrasonic Cleaner το οποίο λειτουργεί σε συχνότητα 40 kHz. Το μηχάνημα διαθέτει μια δεξαμενή η οποία πρέπει κατά τη χρήση να γεμίζει κατά το ήμισυ με

ζεστό απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 49-60°C ένα πλέγμα που εισχωρεί στο υδατόλουτρο και πάνω σε αυτό τοποθετείται, συνήθως, το δείγμα αν αυτό βολεύει περισσότερο. Διαθέτει χρονόμετρο 5 λεπτών.

### **3.2.3 Μέθοδος που ακολουθήθηκε για την παρασκευή πήγματος τύπου γιαουρτιού με εκχύλισμα γύρης**





### **3.3 Μετρήσεις δομής, χρώματος, συναίρεσης και ικανότητας συγκράτησης ύδατος στο πήγμα τύπου γιαουρτιού (control) χωρίς εκχύλισμα γύρης (0%) και στα πηγματα με εκχύλισμα γύρης (0,5%, 1%, 2% και 3%).**

#### *Δομή*

Οι μετρήσεις δομής πραγματοποιήθηκαν μια εβδομάδα μετά την παρασκευή του κάθε προς μέτρηση δείγματος με τη βοήθεια του αναλυτή δομής τύπου “Controlled Electronic Tensile Tester TC1000” ο οποίος παρουσιάζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, με τον οποίο παρέχει δυνατότητα σύνδεσης, σε ειδικό πρόγραμμα του οποίου καταγράφονται οι τιμές τις μέγιστης δύναμης (Load) μετρημένα σε Newton (N) συναρτήσει του χρόνου μετρημένου σε Seconds (s) και του ποσοστού παραμόρφωσης (Position) μετρημένου σε Milimetre (mm). Η συντήρηση των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν στους 5°C, ενώ ο έλεγχος έλαβε χώρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20°C). Η ταχύτητα καθόδου του εμβόλου ισούνταν με 100 mm/s και η διάμετρός του ήταν ίση με 3cm. Η μέγιστη παραμόρφωση άγγιξε το 72%. Υπήρξαν 2 επαναλήψεις μετρήσεων για κάθε δείγμα. Η μονάδα μέτρησης είναι το N. Το κύπελλο-περιέκτης όπου ήταν αποθηκευμένο το πήγμα είχε διατομή 4 cm και ύψος 5 cm.

#### *Χρώμα*

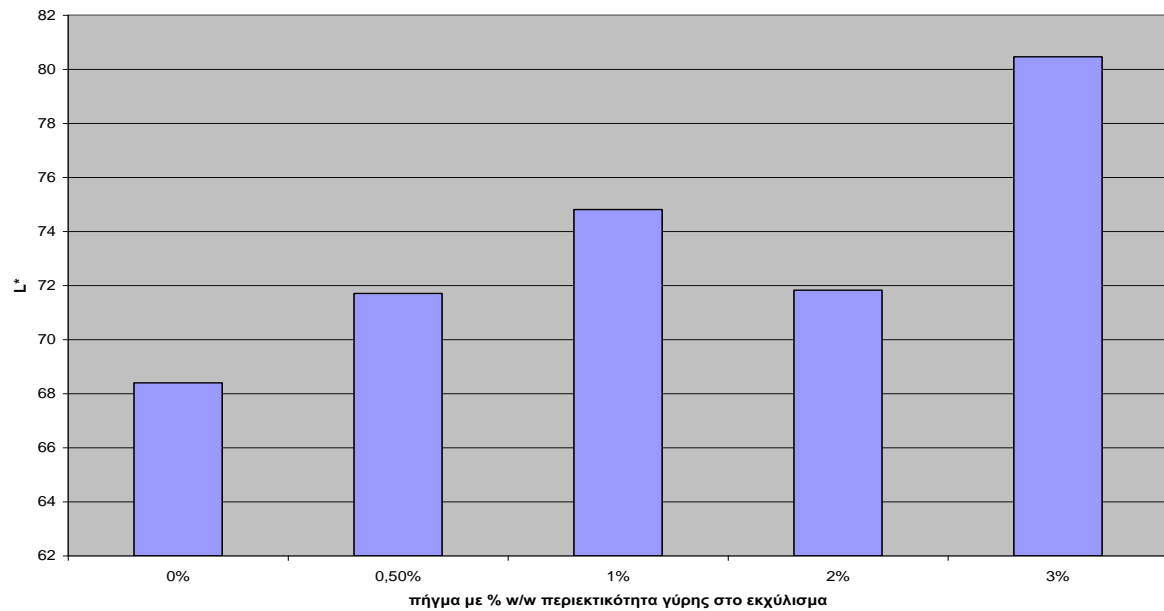
Οι μετρήσεις του χρώματος πραγματοποιήθηκαν μια μέρα μετά την παρασκευή του προς μέτρηση δείγματος με το όργανο τύπου “Miniscan XE Plus” της μάρκας “Hunterlab” με σημείο αναφοράς φωτισμό D65 και λυχνία τύπου xenon. Αρχικά, το όργανο βαθμονομήθηκε κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή χρησιμοποιώντας τα ειδικά πλακίδια λευκού και μαύρου χρώματος. Εν συνεχεία, έγιναν μετρήσεις για 3 διαφορετικούς παράγοντες: για το  $L^*$  σε κλίμακα από το 0 (μαύρο) ως το 100 (άσπρο), για το  $a^*$  σε κλίμακα από το -80 (κόκκινο) ως το +100 (πράσινο) και για το  $b^*$  σε κλίμακα από το -80 (κίτρινο) ως το +70 (μπλε). Πάρθηκαν 4 μετρήσεις για κάθε μια από τις παραμέτρους  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  για κάθε μια από τις 2 συνήθως επαναλήψεις της παρασκευής καθενός από τα πηγματα (control, με εκχύλισμα περιεκτικότητας 0,5%, 1%, 2% και 3% σε γύρη).

### *Συναίρεση*

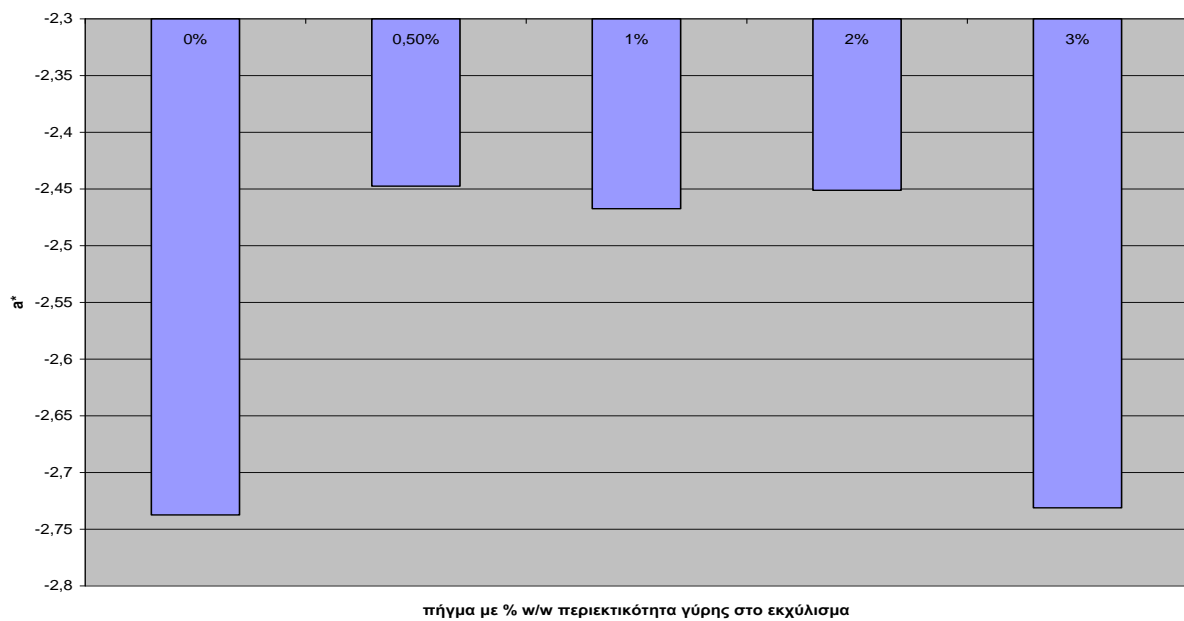
Για τον υπολογισμό της συναίρεσης των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Mohamed and Morris (1987). Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται στα πηγμάτα εντός 24 ωρών από τη διαδικασία της πήξης τους. Χρησιμοποιήθηκε διηθητικό χαρτί το οποίο κάλυψε το διαμέτρου 17 cm χωνί Buchner (φιάλη διηθήσεως). Πάνω στο καλυμμένο με διηθητικό χαρτί χωνί τοποθετήθηκαν 20 g δείγματος ποσότητα που διηθήθηκε για χρόνο 10 min υπό κενό. Η υγρή φάση που συγκεντρώθηκε σε κωνική φιάλη (στην οποία αποχύνει η φιάλη διηθήσεως) ζυγίζεται. Ο βαθμός συναίρεσης υπολογίζεται σύμφωνα με τον εξής τύπο:  $(\text{μάζα υγρής φάσης}) / (\text{αρχική μάζα δείγματος}) \times 100$ . (Wu et al., 2000)

## 4. Αποτελέσματα και συζήτηση

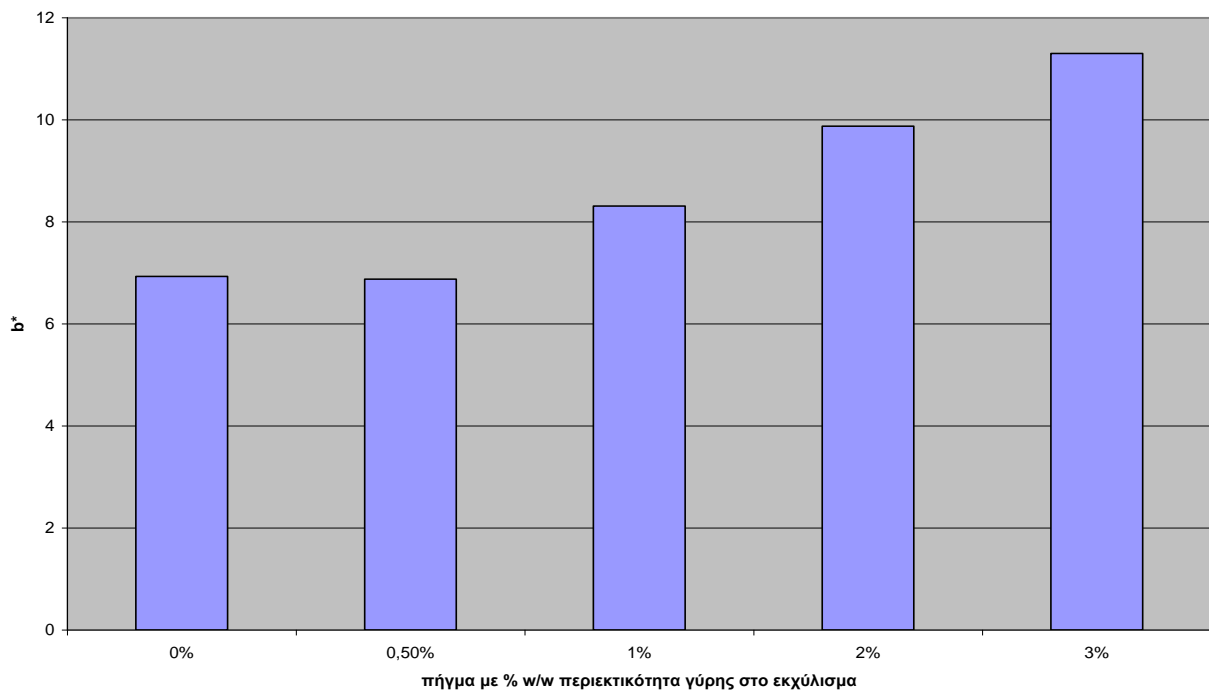
### 4.1 Χρωματογραφία



Σχήμα 4.1.1: Η παράμετρος L\* για τα διαφορετικά πρήγματα



Σχήμα 4.1.2: Η παράμετρος a\* για τα διαφορετικά πρήγματα



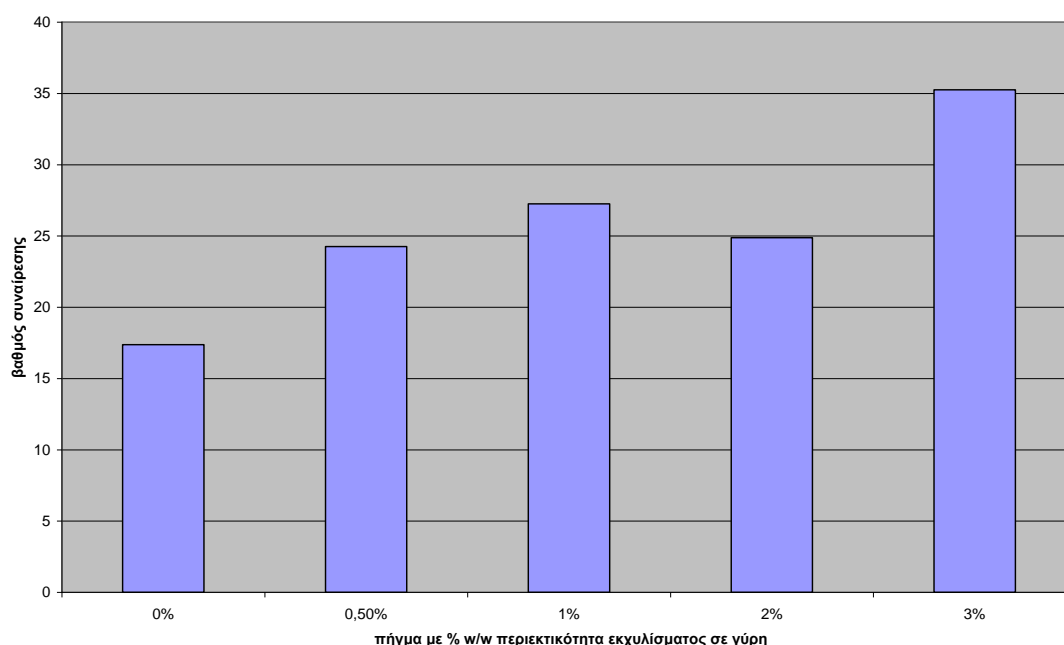
**Σχήμα 4.1.3:** Η παράμετρος  $b^*$  για τα διαφορετικά πηγμάτα

Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα μπορούν να εξαχθούν κάποια αποτελέσματα. Σύμφωνα με το διάγραμμα (σχήμα 4.1.1) το πήγμα με εκχύλισμα γύρης περιεκτικότητας 3% w/w παρουσιάζει μεγαλύτερο μέσο όρο μετρήσεων για την παράμετρο  $L^*$  σε σχέση με τα υπόλοιπα πηγμάτα και βρίσκεται ελάχιστα πιο κοντά στην τιμή 100 του λευκού χρώματος. Το control πήγμα χωρίς εκχύλισμα γύρης (0% w/w περιεκτικότητα σε γύρη) έχει την μικρότερη τιμή για το  $L^*$  και πλησιάζει άρα λιγότερο στην τιμή 100 του λευκού χρώματος από όλα τα υπόλοιπα πηγμάτα με εκχύλισμα γύρης που παρασκευάστηκαν. Άρα, πιθανόν η προσθήκη εκχυλίσματος γύρης να επηρεάζει την παράμετρο αυτή με τα πηγμάτα με εκχύλισμα γύρης να πλησιάζουν περισσότερο από το control την τιμή 100 του λευκού χρώματος. Σχετικά με την παράμετρο  $a^*$ , φαίνεται από το διάγραμμα (σχήμα 4.1.2) ότι το control με το πήγμα που περιέχει εκχύλισμα γύρης σε περιεκτικότητα 3% w/w έχουν παρόμοιες τιμές μέσων όρων και γενικότερα οι τιμές για όλα τα πηγμάτα είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, άρα η προσθήκη του εκχυλίσματος σε κάποιο πήγμα φαίνεται πως λίγο επηρεάζει αυτή την παράμετρο. Τέλος, όσον αφορά την παράμετρο  $b^*$ , το διάγραμμα (σχήμα 4.1.3) δείχνει ότι οι τιμές των μέσων όρων αυξάνονται σε κάθε πήγμα με μεγαλύτερη περιεκτικότητα γύρης στο εκχύλισμα που προστέθηκε κατά την παρασκευή του. Έτσι, την μικρότερη τιμή την έχει το control και την μεγαλύτερη το

πήγμα με εκχύλισμα γύρης σε περιεκτικότητα 3% w/w και άρα πιο κοντά στην τιμή 70 του μπλε χρώματος.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα δείχνουν πως η παρασκευή πηγμάτων τύπου γιαουρτιού με εκχύλισμα γύρης δημιουργεί πήγματα πιο φωτεινά από τα αντίστοιχα χωρίς εκχύλισμα γύρης και περισσότερο κοντά προς το μπλε χρώμα αλλά χωρίς τεράστιες μεταβολές που θα μπορούσαν ίσως να αποτρέψουν το καταναλωτικό κοινό από την προτίμηση τέτοιων προϊόντων.

## 4.2 Συναίρεση

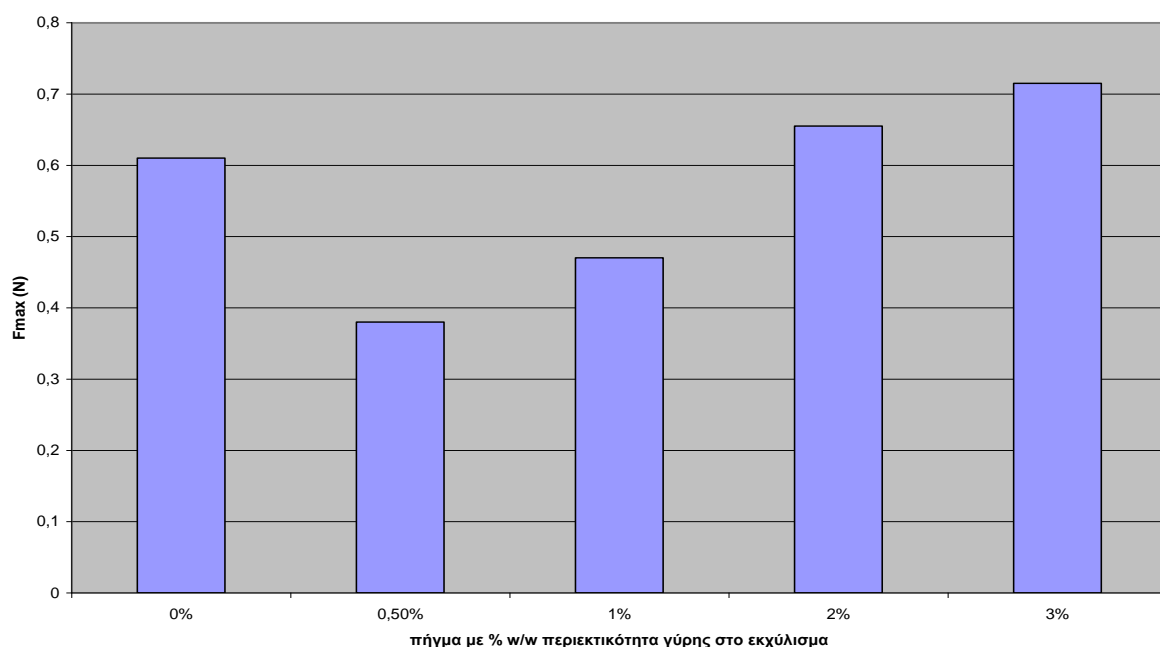


**Σχήμα 4.2.1:** Γράφημα παρουσίασης του μέσου όρου βαθμών συναίρεσης κάθε πηγματος που παρασκευάστηκε

Παρατηρώντας το γράφημα (σχήμα 4.2.1) φαίνεται η ξεκάθαρη αύξηση του βαθμού συναίρεσης με την προσθήκη εκχυλίσματος γύρης κατά την παρασκευή ενός πηγματος. Οι μέσοι όροι των βαθμών συναίρεσης για τα πήγματα με προσθήκη εκχυλίσματος γύρης περιεκτικότητας 0,5% w/w, 1% w/w και 2% w/w είναι αυξημένοι σε σχέση με το control, αλλά έχουν σχετικά μικρή απόκλιση μεταξύ τους. Όμως, το πήγμα με εκχύλισμα περιεκτικότητας 3% w/w σε γύρη παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένο μέσο όρο βαθμών συναίρεσης τόσο σε σχέση με το control, όσο και με τα υπόλοιπα πήγματα που παρασκευάστηκαν.

Η συναίρεση είναι ένα ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό για τους καταναλωτές που, ωστόσο είναι αδύνατο να εξαλειφθεί πλήρως. Τύποι γιαουρτιού όπως το στραγγιστό επεξεργάζονται κατάλληλα ώστε να μειώνεται ο βαθμός συναίρεσής τους και χαίρουν μεγαλύτερης αποδοχής μεταξύ των καταναλωτών. Γιαούρτια με μειωμένη συναίρεση προτιμώνται περισσότερο. Η παρουσία εκχυλίσματος γύρης σε πηγμάτα τύπου γιαουρτιού, όπως σε αυτά που παρασκευάστηκαν για τη συγκεκριμένη μελέτη, φαίνεται πως αυξάνει τον βαθμό συναίρεσης του προϊόντος. Μεταβολή ανεπιθύμητη για το καταναλωτικό κοινό. Όμως, η γύρη δεν παύει να αποτελεί πόλο έλξης για μελλοντικές έρευνες εξαιτίας όλων αυτών των ευεργετικών για τον άνθρωπο ιδιοτήτων της. Έτσι, η προοπτική της ενσωμάτωσής της σε πηγμάτα τύπου γιαουρτιού αποτελεί ένα σπουδαίο στοίχημα. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να ασχοληθούν με τη παρουσίαση λύσεων για το άνωθεν πρόβλημα της αυξημένης συναίρεσης σε πηγμάτα με εκχύλισμα γύρης, ώστε τέτοια προϊόντα να μπορέσουν να λάβουν την κατάλληλη αποδοχή και αναγνώριση από τους καταναλωτές.

### 4.3 Δομή



**Σχήμα 4.3.1:** Γράφημα παρουσίασης των μέσων όρων των μετρήσεων της μέγιστης δύναμης που άσκησε το έμβολο κατά τη μέτρηση της δομής των πηγμάτων που παρασκευάστηκαν.

Από το παραπάνω διάγραμμα (σχήμα 4.3.1) παρατηρείται η δημιουργία πηγμάτων με λιγότερο σταθερή δομή σε σχέση με το control όταν προστίθεται εκχύλισμα με μικρή

περιεκτικότητα σε γύρη. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ενίσχυση της δομής για τα πηγματα που παρασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας εκχύλισμα με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γύρη συγκριτικά με το control. Έτσι, τα πηγματα που παρασκευάστηκαν με τη προσθήκη εκχυλισμάτων περιεκτικότητας 0,5% w/w και 1% w/w σε γύρη παρουσιάζουν λιγότερο ισχυρή δομή σε σχέση με το control. Αντίθετα, τα πηγματα που παρασκευάστηκαν με την προσθήκη εκχυλισμάτων περιεκτικότητας 2% w/w και 3% w/w σε γύρη παρουσίασαν πιο ισχυρή δομή σε σχέση με το control. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει κάποιον στο συμπέρασμα πως η προσθήκη γύρης σε πηγματα τύπου γιαουρτιού (σε μορφή εκχυλίσματος) σε σχετικά μικρές περιεκτικότητες (0,5% w/w έως και 1% w/w) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ασθενέστερων δεσμών μεταξύ των μορίων του προϊόντος σε σχέση με το control. Όμως, η προσθήκη γύρης σε πηγματα τύπου γιαουρτιού (σε μορφή εκχυλίσματος) σε σχετικά μεγάλες περιεκτικότητες (2% w/w έως και 3% w/w) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ισχυρότερων δεσμών μεταξύ των μορίων του προϊόντος σε σχέση με το control, ενίσχυση της πηκτώδους μορφής του και γενικότερα τη δομική αναβάθμιση του γιαουρτιού. Η ενισχυμένη δομή των δειγμάτων με 2% w/w και 3% w/w περιεκτικότητα γύρης στο εκχύλισμα οφείλεται, ίσως, στην αλληλεπίδραση συστατικών της γύρης με συστατικά του γάλακτος και της αρχικής καλλιέργειας και στην πιθανή αύξηση της περιεκτικότητας των πηγμάτων σε καζεϊνικά άλατα τα οποία και είναι, κυρίως, υπεύθυνα για τη δομή του γιαουρτιού. Πάντως, η μεταβολή της δομής των πηγμάτων με την προσθήκη εκχυλίσματος γύρης πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω, ώστε να διαπιστωθεί με ποιόν τρόπο λειτουργούν οι μηχανισμοί που οδηγούν στα παραπάνω αποτελέσματα.

## 5. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, φαίνεται πως η προσθήκη γύρης σε μορφή εκχυλίσματος σε πήγματα τύπου γιαουρτιού επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, οι πιο ήπιες μεταβολές από όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που ερευνήθηκαν παρατηρούνται στη χρωματομετρία των δειγμάτων. Τα δείγματα με εκχύλισμα γύρης φαίνεται να είναι πιο φωτεινά και ελαφρώς πιο κοντά στο μπλε χρώμα σε σχέση με τα δείγματα χωρίς εκχύλισμα (control). Ωστόσο, σημαντικές μεταβολές παρατηρούνται στις μετρήσεις για τη συναίρεση των πηγμάτων. Ο βαθμός συναίρεσης φαίνεται να αυξάνεται με την προσθήκη εκχυλίσματος γύρης σε πήγματα, κάτι που αποτελεί μεγάλο αρνητικό, καθώς η αυξημένη συναίρεση είναι από τα πλέον ανεπιθύμητα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τέλος, τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν σχετικά με τη δομή των πηγμάτων που παρασκευάστηκαν επηρεάστηκαν με βάση την συγκεκριμένη ποσότητα γύρης που προστέθηκε κάθε φορά. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνεται πως προσθήκη σε πήγματα γύρης σε μορφή εκχυλισμάτων περιεκτικότητας έως και 1% w/w οδηγεί σε ελάττωση της ισχύος της δομής του προϊόντος, ενώ περιεκτικότητες γύρης πάνω από 2% w/w έως και 3% w/w στα προτιθέμενα εκχυλίσματα ενισχύουν τις δομές στα τελικά προϊόντα, συμβάλλοντας στη δημιουργία ισχυρότερης δομής. Η γύρη αποτελεί ένα εξαιρετικά θρεπτικό και συνάμα υγιεινό προϊόν με μεγάλη αλλά, αναξιοποίητη, ακόμη, δυναμική χρήσης σε πληθώρα τεχνολογικών εφαρμογών. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την μελέτη της επίδραση της γύρης στη δομή του γιαουρτιού, όπως, επιπρόσθετα, στη συναίρεση και στο χρώμα, με σκοπό τη δημιουργία προϊόντων με αυξανόμενη προστιθέμενη αξία, σταθερή ποιότητα και υψηλή αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό.



## 6. Βιβλιογραφία

### *Ελληνική*

1. Ανυφαντάκης Ε., 1992. Μέθοδοι εξετάσεως του γάλακτος και των προϊόντων του, Εκδόσεις Σταμούλης.
2. Ανυφαντάκης Ε., 2004. Τυροκομία, Εκδόσεις Σταμούλης.
3. Κώδικας τροφίμων, ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (ΚΤΠ), 2016, Γενικό Χημείο του Κράτους. Διαθέσιμος διαδικτυακά στο [http://www.gcsf.gr/index.asp?a\\_id=365&txt=y&show\\_sub=1](http://www.gcsf.gr/index.asp?a_id=365&txt=y&show_sub=1)
4. Μάντης Α., 2000. “Υγιεινή και τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του”, Εκδόσεις Κυριακίδη Αφοί ΑΕ, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

### *Ξενογλώσση*

1. Almeida, J.F., Reis, A.S., Heldt L.F.S., Pereira, D., Moura, M.B.C., Plata-Oviedo, M.V., Haminiuk, C.W.I., Ribeiro, I.S., Luz, C.F.P., Carpes, S.T., 2017. Lyophilized bee pollen extract: a natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages, LWT—Food Science and Technology, 76:299–305.
2. Akin, N., 2006. Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya.
3. Belitz D., Grosch W., Schieberle P. (2006) Χημεία τροφίμων. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
4. Bingham, S.A., Day, N.E., Luben, R., Ferrari, P., Slimani, N., Norat, T., Clavel-Chapelon, F., Kesse, E., Nieters, A. and Boeing, H., 2003. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study, Lancet 361:1496–1501.
5. Chantarudee, A., Phuwapraisirisan, P., Kimura, K., Okuyama, M., Mori, H., Kimura, A., & Chanchao, C., 2012. Chemical constituents and free radical scavenging activity of corn pollen collected from Apis mellifera hives compared to floral corn pollen at Nan, Thailand. BMC Complementary & Alternative Medicine, 12(1), 45.
6. Chatterton, D. E. W., Smithers, G., Roupas, P., & Brodtkorb, A., 2006. Bioactivity of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin – Technological implications for processing, International Dairy Journal, 16(11), 1229–1240.

7. Codex Alimentarius, 2018. Codex Standard for fermented milks. CODEX STAN 243-2003. Milk and milk products. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Health Organization (WHO).
8. Creamer, L.K., Loveday, S.M., and Sawyer, L., 2011. Milk proteins,  $\beta$ -Lactoglobulin. In: Fuquay, J.W., Fox, P.F., and McSweeney, P.L.H. (eds), Encyclopedia of Dairy Sciences, Vol. 3, 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier, London, pp. 787-794.
9. Davies, F.L., Shankar, P.A., Brooker, B.E., and Hobbs, D.G., 1978. A heat induced change in the ultrastructure of milk and its effect on gel formation in yoghurt. *J. Dairy Res.* 45:53-58.
10. Deeth, H.C., and Tamime, A.Y., 1981. Yoghurt: Nutritive and therapeutic aspects. *J. Food Prot.* 44:78-86.
11. Elfagm, A.A., and Wheelock, J.V., 1978a. Interaction of bovine  $\alpha$ -lactalbumin, and  $\beta$ -lactoglobulin during heating. *J. Dairy Sci.* 61:28-32.
12. Elfagm, A.A., and Wheelock, J.V., 1978a. Interaction of bovine  $\alpha$ -lactalbumin,  $\beta$ -lactoglobulin and casein in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 28:159-163.
13. Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M., 2018. Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt, *J. Function. Foods*, 48:387–399.
14. Fox, P.F., 1992. Advanced Dairy Chemistry, I. Proteins, 1st edition, Elsevier Applied Sciences, New York, p. 781
15. Fox, P.F., 2009. Milk: an overview. In: Thomson, A., Boland, M., and Singh, H. (eds), *Milk Proteins: from Expression to Food*. Elsevier, New York. Pp. 1-54.
16. Gahruie, H., Eskandari, M. H., Mesbahi, G., and Hanifpour, M. A., 2015. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4, 1e8.
17. Hanson, A.L. and Metzger, L.E., 2010. Evaluation of increased vitamin D fortification in high-temperature, short-time-processed 2% milk, UHT-processed 2% fat chocolate milk, and low-fat strawberry yogurt, *J. Dairy Sci.* 93:801–807.

18. Hegenauer, J., Saltman, P., Ludwig, D., Ripley, L. and Bajo, P., 1979. Effects of supplemental iron and copper on lipid oxidation in milk. 1. Comparison of metal complexes in emulsified and homogenized milk, *J. Agric. Food Chem.* 27:860–867.
19. Hegenauer, J., Saltman, P., Ludwig, D., Ripley, L. and Ley, A., 1979. Iron-supplemented cow milk. Identification and spectral properties of iron bound to casein micelles, *J. Agric. Food Chem.* 27:1294–1301.
20. Hoffman, J.R., Falvo, M.J., 2004. Protein – Which is Best? *J Sports Sci Med* 3, 118–130.
21. Holick, M.F., 1994. McCollum Award Lecture, Vitamin D – new horizons for the 21st century, *Am. J. Clin. Nutr.* 60:619–630.
22. Holick, M.F., 2002. Vitamin D: the underappreciated D-lightful hormone that is important for skeletal and cellular health, *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obesity* 9:87–98.
23. Holick, M.F., 2004. Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis, *Am. J. Clin. Nutr.* 79:362–371.
24. Horne, D.S., 2011. Milk proteins. Casein, micellar structure. In: Fuquay, J.W., Fox, P.F., and McSweeney, P.L.H. (eds), *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol. 3, 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier, London. pp. 772-779.
25. Jackson, L.S. and Lee, K., 1991. Microencapsulated iron for food fortification, *J. Food Sci.* 56:1047–1050.
26. Jørgensen, C.E., Abrahamsen, R.K., Rukke, E.-O., Hoffmann, T.K., Johansen, A.G. and Skeie, S.B., 2019. Processing of high-protein yoghurt - a review, *Int. Dairy J.*, 88:42-59.
27. Kazmi, S.A., Vieth, R., and Rousseau, D., 2007. Vitamin D3 fortification and quantification in processed dairy products, *Int. Dairy J.* 17:753–759.
28. Kim, S., Ahn, J., Seok, J. and Kwak, H., 2003. Microencapsulated iron for drink yogurt fortification, *Asian Australasian J. Anim. Sci.* 16:581–587.
29. Kritchevsky, S. B., 1999. Beta-carotene, carotenoids and the prevention of coronary heart disease. *Journal of Nutrition*, 129:5–8.
30. Krystyjan, M., Gumul, D., Ziobro, R., and Korus, A., 2015. The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits, *LWT - Food Science and Technology*, 63:640–646.

31. Larrauri, J., 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products, *Trends Food Sci. Technol.* 10:3–8.
32. Li, Q.-Q., Wang, K., Marcucci, M.-C., Frankland Sawaya A.-C.-H., Hu L., Xue, X.-F., Wu, L.-M. and Hu, F.-L., 2018. Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites, *Journal of Functional Foods*, 49:472-484
33. Lucey, J.A., and Singh, H., 1997. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. *Food Res. Int.* 30:529-542.
34. Lunn, J. and Buttriss, J., 2007. Carbohydrates and dietary fibre, *Nutr. Bull.* 32:21–64.
35. Mann, J., 2007. Dietary carbohydrate: relationship to cardiovascular disease and disorders of carbohydrate metabolism, *Eur. J. Clin. Nutr.* 61:100–111.
36. Mater, D. D. G., Bretigny, L., Firmesse, O., Flores, M.-J., Mogenet, A., Bresson, J.-L., & Corthier, G., 2005. *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* survive gastrointestinal transit of healthy volunteers consuming yogurt, *FEMS Microbiology Letters*, 250:185–187.
37. Mohamed, M.O. and Morris, H.A., 1987. Textural and microstructural properties of rennet-introduced milk coagulum as affected by the addition of soy protein isolate, *Journal of Texture Studies*, 18:137-155.
38. Muniategui, S., Sancho, M. T., Lopez, J., Huicobro, J. F., & Simal, J., 1990. Determination of carotenes from bee-collected pollen by high performance liquid chromatography. *Journal of Apicultural Research*, 29:147–150.
39. Ng-Kwai-Hang, K.F., 2011. Milk proteins. Heterogeneity, fractionation, and isolation. In: Fuquay, J.W., Fox, P.F., and McSweeney, P.L.H. (eds), *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol. 3, 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier, London. pp. 751-764.
40. Özer, B.H., 1997. Rheological properties of labneh (concentrated yoghurt), PhD thesis, The University of Reading, Reading, UK, p. 275
41. Pederson, C.S., 1979. *Microbiology of Food Fermentations*, 2nd edn, pp 1 – 29. Connecticut: AVI Publishers.
42. Pereira, M.A., O'Reilly, E., Augustsson, K., Fraser, G.E., Goldbourt, U., Heitmann, B.L., Hallmans, G., Knekt, P., Liu, S. and Pietinen, P., 2004.

- Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies, *Arch. Intern. Med.* 164:370–376.
43. Petrotos, K., Tsakali, E., Goulas, P., and D'Alessandro, A.G., 2014. Casein and whey proteins in human health. In: Kanekanian, A. (ed), *Milk and Dairy Products as Functional Foods*, 1<sup>st</sup> Ed., John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK. pp. 94-146.
  44. Preedy, V.R., Srirajaskanthan, R. and Patel V.D., 2013. *Handbook of Food Fortification and Health*, Humana Press, New York.
  45. Pritchard, S.R., and Kailasapathy, K., 2011. Chemical, physical, and functional characteristics of dairy ingredients. In: Chandan, R.C., and Kilara, A. (eds), *Dairy Ingredients for Food Processing*. Wiley-Blackwell, Iowa. pp. 35-58.
  46. Rao, D., Shahani, K., 1987. Vitamin content of cultured dairy products, *Cult. Dairy Prod. J.* 22:6–10.
  47. Renken, S.A. and Warthesen, J.J., 1993. Vitamin D stability in milk, *J. Food Sci.* 58:552–555.
  48. Robinson, R.K. and Tamime, A.Y., 1990. Microbiology of fermented milks. In: *Dairy Microbiology*, 2nd edn, Vol. 2, ed. RK Robinson, pp 291 – 343. London: Elsevier Applied Science.
  49. Schumann, K., 2001. Safety aspects of iron in food, *Ann. Nutr. Metab.* 45:91–101.
  50. Shah, N.P., 2013. Health benefits of yogurt and fermented milks. In: R.C. Chandan and A. Kilara (eds), *Manufacturing yogurt and fermented milks*, 2<sup>nd</sup> edn. John Wiley & Sons, Inc. pp. 432-450.
  51. Shah, N.P., 2003. Yogurt: the product and its manufacture, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2<sup>nd</sup> ed.), Academic Press, London, UK, pp. 6252-6259.
  52. Tamime, A. Y., Hickey, M., and Muir, D. D., 2014. Strained fermented milks - a review of existing legislative provisions, survey of nutritional labelling of commercial products in selected markets and terminology of products in some selected countries, *International Journal of Dairy Technology*, 67:305-333.
  53. Tamime, A.Y., 2002. Fermented milks: a historical food with modern applications--a review. *Eur J Clin Nutr* 56 Suppl 4, S2–S15.

54. Tamime, A.Y., and Deeth, H.C., 1980. Yogurt technology and biochemistry. *J. Food Prot.* 43:939-977.
55. Trowell, H., Southgate, D.T., Wolever, T.S., Leeds, A., Gassull, M. and Jenkins, D.A., 1976. Dietary fibre redefined, *Lancet* 307:967.
56. Upreti, P., Mistry, V. and Warthesen, J., 2002. Estimation and fortification of vitamin D3 in pasteurized process cheese, *J. Dairy Sci.* 85:3173–3181.
57. Van Dam, R. and Seidell, J., 2007. Carbohydrate intake and obesity, *Eur. J. Clin. Nutr.* 61:S75–S99.
58. Wagner, D., Rousseau, D., Sidhom, G. r, Pouliot, M., Audet and P., Vieth, R., 2008. Vitamin D3 fortification, quantification, and long-term stability in Cheddar and low-fat cheeses, *J. Agric. Food Chem.* 56:7964–7969.
59. Walstra, P., Wouters, J.T.M., and Geurts, T.J., 2006. *Dairy Science and Technology*, 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, USA.
60. Wang, C. and King, R., 1973. Chemical and sensory evaluation of iron-fortified milk, *J. Food Sci.* 38:938–940.
61. Woestyne M.V., Bruyneel, B., Mergeay, M. and Verstraete, W., 1991. The Fe<sup>2+</sup> chelator proferrosamine A is essentialforthe siderophore-mediated uptake ofiron by *Pseudomonas roseus fluorescens*, *Appl. Environ. Microbiol.* 57:949–954.
62. Wu, H., Hulbert, G.J., and Mount, J.R., 2000. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 1:211–218.
63. Yildiz, F., et. al, 2009. *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*, 1st edn. CRC Press, Boca Raton.
64. Yilmaz, M. T., Dertli, E., Toker, O. S., Tatlisu, N. B., Sagdic, O., & Arici, M., 2015. Effect of in situ exopolysaccharide production on physicochemical, rheological, sensory,and microstructural properties of the yogurt drink ayran: An optimization studybased on fermentation kinetics, *Journal of Dairy Science*, 98:1604–1624

